GRUPO FAMETRO

SABERES DA ENGENHARIA

Uma Contribuição para a Sociedade

ORGANIZADORES

FABRÍCIO DE AMORIM RODRIGUEZ

LUCIANE FARIAS RIBAS

VOLUME 6

Editora Poisson

Organizadores
Fabrício de Amorim Rodrigues
Luciane Farias Ribas

Saberes da Engenharia: Uma contribuição para a sociedade Volume 6

1ª Edição

Belo Horizonte
Editora Poisson
2026

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Ms. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R613s

Saberes da Engenharia: Uma contribuição para a sociedade – Volume 6 / Organização: Fabrício de Amorim Rodrigues, Luciane Farias Ribas – Belo Horizonte MG: Editora Poisson, 2026. 130 p.

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-659-2
DOI: 10.36229/978-65-5866-659-2
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Engenharia 2. Ensino. I. RODRIGUES, Fabrício de Amorim II. RIBAS, Luciane Farias III. Título

CDD-620

SÔNIA MÁRCIA SOARES DE MOURA – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br
Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

Organizadores

Fabrício de Amorim Rodrigues

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Amazonas (2008) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas (2015). E atualmente coordena do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Fametro. Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo Possui graduação em Economia, mestrado em Desenvolvimento Regional e doutorado em Ciências da Educação. Atualmente é Coordenadora de Pesquisa e Extensão do Instituto Metropolitano de Ensino-IME, atuando principalmente nos seguintes temas: Sustentabilidade, Pesquisa, Iniciação Cientifica, Articulação entre Pesquisa, Ensino e Extensão. Autora do Projeto Produzir e Publicar.

Luciane Farias Ribas

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de janeiro. Desenvolve pesquisas na área de Engenharia civil, com ênfase em estruturas e materiais de construção, principalmente na pesquisa dos seguintes temas: Beneficiamento e reaproveitamento de resíduos de construções e demolições, argamassas, concreto de alto desempenho, concreto autoadensável, concreto leve, concreto reforçado com fibras e técnicas de microanalise de materiais. Atua, também, em trabalhos na área de gestão na construção civil, Modelagem da informação na Construção Civl (Building Information Modeling - BIM) e Construção Enxuta (Lean Construction). Busca sempre alinhar suas pesquisa para produzir conhecimento que promova o desenvolvimento sustentável no ambiente construído e urbano.

Prefácio

A série de eBooks Saberes da Engenharia: Uma contribuição para a sociedade chega, neste Volume 6, ao seu marco final, consolidando um percurso construído ao longo de diferentes edições, nas quais o conhecimento técnico-científico foi sistematizado, compartilhado e ampliado com o propósito de contribuir de forma efetiva para a sociedade. Este volume encerra a série reafirmando os princípios que nortearam sua criação: a integração entre ensino, pesquisa e extensão, o incentivo à produção acadêmica e o compromisso com uma Engenharia aplicada, crítica e transformadora.

Ao longo dos volumes anteriores, a série buscou valorizar a diversidade de temas e abordagens dentro da Engenharia Civil, promovendo reflexões sobre práticas construtivas, inovação tecnológica, sustentabilidade e gestão. Neste volume final, essa proposta se consolida por meio de capítulos que abordam temas relevantes e atuais, como o controle de obras e a aplicação da construção enxuta, os riscos ocupacionais em serviços de pavimentação, o uso de tecnologias emergentes como VANTs em inspeções, a incorporação de materiais sustentáveis na construção civil, além da análise de patologias em estruturas de concreto e soluções voltadas à durabilidade e desempenho das edificações.

Como contribuição adicional e inovadora desta edição final, destaca-se a criação da seção “Tópicos Especiais em Argamassas e Concretos”, dedicada à divulgação de estudos experimentais e aplicados sobre materiais cimentícios. Essa seção reúne os capítulos 7, 8 e 9, que exploram aspectos fundamentais como a resistência à compressão do concreto com uso de materiais reciclados, a avaliação da resistência de cimentos comercializados e o estudo do tempo de pega em diferentes composições cimentícias. Essa iniciativa reforça a importância da pesquisa em materiais para o desenvolvimento de soluções mais eficientes, sustentáveis e alinhadas às demandas contemporâneas da construção civil.

Encerrar esta série com o Volume 6 não representa um fim, mas a consolidação de um legado acadêmico e científico construído coletivamente. Cada capítulo aqui apresentado reflete o esforço, a dedicação e o compromisso de seus autores com a produção de conhecimento relevante e aplicado.

Que esta obra final da série Saberes da Engenharia permaneça como referência, inspiração e ponto de partida para novas pesquisas, fortalecendo o papel da Engenharia como agente de transformação social, inovação e desenvolvimento sustentável.

SUMÁRIO

Capítulo 1: Controle de obras: uma revisão sistemática sobre a aplicação das ferramentas de construção enxuta em obras de construção civil 08

Ádila Maria Freire Salgado Pinto

DOI: 10.36229/978-65-5866-659-2.CAP.01

Capítulo 2: Riscos ergonômicos associados aos serviços de pavimentação 23

Francisco Duarte Amaro

DOI: 10.36229/978-65-5866-659-2.CAP.02

Capítulo 3: Manta líquida: solução eficaz para a impermeabilização de lajes de concreto na construção civil 36

José Arimatheia Silva de Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-659-2.CAP.03

Capítulo 4: O uso de VANTs na inspeção de trabalhos em altura 51

Kellen Sabrina Pereira dos Santos, Cristian da Fonseca Monteiro

DOI: 10.36229/978-65-5866-659-2.CAP.04

Capítulo 5: Sustentabilidade: um estudo sistemático sobre a aplicação da madeira plástica como alternativa de material sustentável na construção civil..... 66

Luciano Lima de Moura

DOI: 10.36229/978-65-5866-659-2.CAP.05

Capítulo 6: Patologias das lajes maciças em obras civis: uma revisão de literatura .. 79

Marcelo de Souza Pereira Júnior

DOI: 10.36229/978-65-5866-659-2.CAP.06

Capítulo 7: Estudo da resistência à compressão do concreto com agregado miúdo de PEBD..... 90

Cristiano Farias Martins

DOI: 10.36229/978-65-5866-659-2.CAP.07

SUMÁRIO

Capítulo 8: Estudo da resistência à compressão de cimentos comercializados em Manaus..... 101

Henrique Rodrigues Lopes

DOI: 10.36229/978-65-5866-659-2.CAP.08

Capítulo 9: Estudo do tempo de pega de cimentos comercializados em Manaus..... 114

Larissa Silva da Costa

DOI: 10.36229/978-65-5866-659-2.CAP.09

Capítulo 1

Controle de obras: uma revisão sistemática sobre a aplicação das ferramentas de construção enxuta em obras de construção civil

Ádila Maria Freire Salgado Pinto

Resumo: O controle de obras associa-se a necessidade de melhorias aos procedimentos gerenciais na construção civil. Visando alcançar melhores níveis de gestão produtiva, a ferramenta de construção enxuta aponta uma mudança do paradigma gerencial no processo construtivo, reduzindo os desperdícios característicos à construção civil. Face ao exposto, o referente artigo teve como objetivo geral analisar a utilização de ferramentas de construção enxuta para redução de desperdícios em obras de construção civil, por meio de uma revisão sistemática. Com o intuito de alcançar o objetivo proposto no presente trabalho, foi realizado o levantamento dos principais desperdícios na construção civil, identificando os princípios da construção enxuta em obras e mostrando as vantagens da adoção da construção enxuta na construção civil. Neste contexto, apresenta-se como resultados identificar as principais causas de desperdícios em obras, evidenciar a aplicação de construção enxuta para redução de desperdícios e analisar as melhorias nos níveis de eficiência, produtividade e previsibilidade. Mediante ao conteúdo apresentado, a ferramenta de construção enxuta proporciona ganhos significativos dentre as principais variáveis de uma obra, reduzindo os desperdícios, custos e tempo de execução, e principalmente, a padronização das atividades construtivas com maior qualidade ao produto final.

Palavras-chave: Construção enxuta. Desperdícios. Controle de obras.

1. INTRODUÇÃO

No setor da construção civil é predominante a falha de controle de obra no decorrer das etapas construtivas, além de prejudicar a produtividade dos projetos, o índice de retrabalho elevado gera desperdício de tempo e perda de materiais, resultando em atrasos e imprevistos. Clarifica-se a relação do controle de obras e o gerencial operacional como uma contribuição expressiva para melhorias organizacionais, entre o que foi previsto e o realizado em tempo hábil, a curto e longo prazo.

Diante deste cenário, as atividades construtivas devem atribuir-se à cronograma estruturado de execução, custos operacionais e qualidade dos serviços prestados, visando aumentar o desempenho de produção ao monitoramento das ações previstas através de ferramentas de controle de obra. À vista disso, a ferramenta de construção enxuta visa compreender os processos que compõem a produção de forma mais eficiente, reduzindo desperdícios e custos, enfatizando a qualidade do produto.

A necessidade de prover o aumento de eficiência ao alcance de melhores níveis de gestão de produção por meio da construção enxuta, propõe a introdução de um novo conceito de entendimento dos processos produtivos na construção civil, mudando o método das atividades inseridas no processo, centralizando a atenção na produtividade com foco na redução dos desperdícios, e consequentemente menores custos.

A construção enxuta busca identificar as atividades que não agregam valor ao produto final, as etapas que geram perdas e as falhas recorrentes que trazem a necessidade de retrabalho. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo geral analisar a utilização de ferramentas de construção enxuta para redução de desperdícios em obras de construção civil, por meio de uma revisão sistemática.

A relevância acadêmica do tema apresentado reflete nas variáveis associadas ao controle de obras, viabilizando a estabilização do ambiente produtivo de construção ao alcance dos resultados almejados, introduzindo os princípios enxutos que eliminam desperdícios, aumentando a capacidade de produção, e oferecendo mais qualidade e garantias no prazo de entrega. A filosofia de construção enxuta prioriza os clientes como referência ao modelo de gestão, gerando valor ao produto final oferecido através de previsões mais assertivas e controle melhor da qualidade de produção.

A estrutura do trabalho se desenvolverá nos seguintes tópicos abordados na fundamentação teórica, respectivamente: controle de obras, construção enxuta e ferramentas da construção enxuta.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CONTROLE DE OBRAS

Dentre as principais consequências da baixa produção no setor da construção civil, considera-se a ausência de controle de obras como um fator de grande relevância ao sucesso dos projetos, por outro lado, necessita ser implementado de modo adequado para não comprometer a eficiência da ferramenta aos objetivos organizacionais.

Neto (2017) aborda que o controle de obras apresenta uma análise contínua dos resultados esperados, proporcionando o cenário real que se encontra o avanço das atividades construtivas e viabilizando assim, a tomada de decisões que conduzam aos objetivos traçados. O controle de obras é eficaz à tomada de conhecimento de uma

determinada realidade, identificando as falhas que podem comprometer os resultados, e adotar medidas e soluções conforme as necessidades da obra.

Junior (2019) complementa que o controle de obras mostra os caminhos a seguir, evitando e se preparando para eventuais surpresas que possam vir a surgir no decorrer das etapas de construção. Neste sentido, proporciona melhorias no setor produtivo, reduzindo as incertezas e a deficiência no conhecimento do desenvolvimento das atividades, principalmente nas consequências onerosas oriundas dos atrasos de controle.

Batista (2021) expõe três benefícios do controle de obras, sendo estes: obter o conhecimento prévio das ações a serem adotadas, prever dificuldades e surpresas que possam vir a surgir, e por fim, proporciona o melhor desempenho das atividades construtivas. Ao identificar os eventuais problemas no desenvolvimento das etapas de construção, é possível revisar e solucionar com medidas eficientes às necessidades da falha.

O controle de execução e a busca por melhorias no sistema de gestão enfatizam processos individuais como um todo, implementando um procedimento de execução padrão já definido, em conjunto à disposição dos recursos indispensáveis para a construção civil, resultando no funcionamento do processo de produção com qualidade (ALCANTARA, 2016). O cronograma de obras desempenha um papel de grande relevância dentro dos objetivos organizacionais no que se refere ao prazo estipulado, caracterizando o empreendimento como um diferencial diante de um mercado marcado pelo atraso na entrega de obras.

Embora a referência de controle de obras possa parecer complexo, o fator resultante evita atrasos, problemas, desperdícios e baixa qualidade do produto, variáveis estas que interferem diretamente nos custos e sucesso organizacional da construção (ALIANI, 2015). Assim, é possível conduzir as fases de desenvolvimento da atividades construtivas de acordo com o planejamento realizado, garantindo a agilidade dos processos, um padrão de qualidade satisfatório aos objetivos traçados, e o monitoramento das eventuais contrariedades que possam surgir no decorrer da obra.

Costa (2018) abrange que o controle de obras retrata um processo resultante da inter-relação de um conjunto de elementos internos, sendo estes formais e informais, e externos à empresa, na qual refletem no comportamento do planejamento para o setor da construção, na execução desse plano e na avaliação e análise dos resultados. Evidencia-se que o controle e planejamento são interligados entre si, a medida que ambos se completam e dão suporte ao alcance dos resultados esperados de prazos, qualidade de projeto e custos.

Compreende-se que as eventuais mudanças decorrentes do processo construtivo podem acarretar em atraso de obra, desperdícios, baixa qualidade de produção e aumento nos custos totais, tornando-se fundamental a execução adequada do controle de obras através de ferramentas que apresentem atuação no conhecimento e na correção de desvios do que foi planejado, aferição do que foi executado e um comparativo do planejado com o executado, buscando reduzir as variáveis negativas que interferem no bom desempenho de produção.

2.2. CONSTRUÇÃO ENXUTA

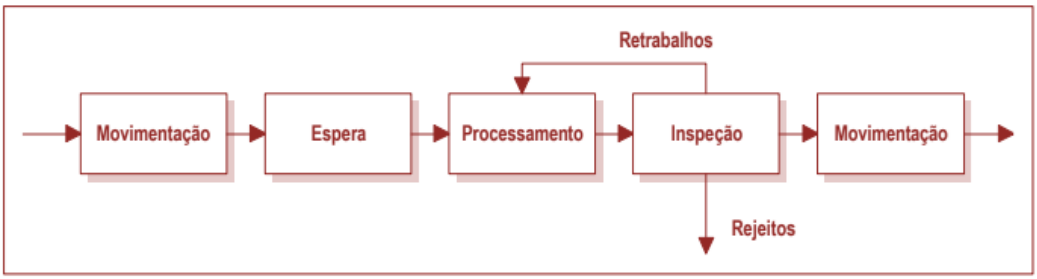
O avanço de novos mecanismos como apoio à gestão e à eficiência dos processos construtivos derivou a necessidade traçar estratégias para reduzir os gargalos das falhas do controle de obras, visando maior eficiência, produtividade e padrão de qualidade na construção civil.

O modelo de Construção Enxuta propôs-se a introdução de um novo e importante conceito para que se pudesse entender os processos produtivos na área da construção civil, divulgando a forma que o processo e atividades na construção civil são descritos (NERI, 2021). Os principais pilares para essa mudança de paradigma das atividades construtivas atribuem-se à escassez de mão de obra qualificada e a necessidade de racionalização do uso dos processos e recursos naturais.

Para Barbosa et al. (2013) no ambiente produtivo, a construção enxuta constitui-se por atividades de conversão e de fluxo como: materiais, mão de obra e informações. Neste modelo o processo de modificações pode ser de composto em subprocessos, que podem ser considerados em modelo de conversão.

De acordo com Fiuza (2022) o modelo de processo construção enxuta segue a seguinte maneira: deve-se em primeiro lugar enxergar o processo como um fluxo de materiais, desde a sua matéria prima até o consumidor final. Na Figura 1, é possível visualizar as atividades que constituem o modelo de construção enxuta, a seguir.

Figura 1. Processo de construção enxuta



Fonte: Fiuza (2022)

Pereira (2023) evidencia que as atividades chamadas de fluxo recebem essa denominação por não agregarem valor ao produto final. São as atividades de transporte, espera e inspeção, são diretamente ligadas ao processos produtivo, porém, não agrega ao valor do produto como a atividades de fluxo realiza.

Nessa linha de pensamento, quando se fala sobre os conceitos de construção enxuta de produção civil há uma exigência de mudança do paradigma gerencial, onde são destacados a importância da conversão, centralizando a atenção na produtividade, para que seja realizada a abordagem completa do processo (DENNIS, 2015). No entanto, para que isso aconteça há a necessidade do desenvolvimento das habilidades gerenciais em relação à visão sistêmica e aprendizado coletivo.

O valor do produto está direcionado à satisfação do cliente, portanto, não vinculado à execução de um processo. O processo só pode gerar valor se as atividades de processamento transformar os insumos em produtos que são requiridos pelos clientes

externos ou internos (MOURA; HEINECK, 2014). Portanto, o ponto decisivo é ter o cliente como prioridade, uma vez que o modelo de processo trabalha com a geração de valor para o cliente.

Dessa maneira, um processo produtivo só é capaz de gerar valor para o cliente, quando as atividades de conversão/processamento transformam as matérias primas ou componentes nos produtos requeridos pelos clientes internos ou externos (SÁ NETO, 2020). Em razão de estudar as melhores práticas de operação, a construção enxuta elimina as rotinas dispensáveis, controla os desperdícios e atribui maior qualidade aos produtos finais.

O modelo de construção enxuta baseia-se nos padrões tecnológicos, eliminando desperdícios, como aumento da capacidade de produção, oferecendo mais qualidade e garantias no prazo de entrega. Assim, a construção enxuta possibilita um novo paradigma de produção, visando a otimização dos processos construtivos, uma melhor aplicação dos recursos e uma maior qualidade conferida aos produtos finais.

2.3. FERRAMENTAS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

A busca por ferramentas que contribuam na aplicação dos conceitos de construção enxuta na construção civil é cada vez mais a realidade do setor construtivo,a medida que o aumento da eficiência dos processos é proporcional ao atendimento das necessidades e exigências dos clientes quanto à produtividade e qualidade do produto final.

Moraes (2021) aponta que os métodos de combate aos desperdícios característicos ao setor da construção civil abrangem a aplicação de ferramentas que minimizem as variáveis atribuídas ao processo de construção, como produção, prazo e custos, tornando-o mais eficiente e eficaz ao alcance dos objetivos organizacionais. À vista disso, as ferramentas de controle de obras enfatizam a otimização dos recursos, o tempo de resposta ao cliente, e a precisão de todas as operações, na qual serão descritas as principais a seguir.

Dentre as principais ferramentas de controle, destaca-se o 5S, designado à cinco palavras de origem japonesa definindo os sensos de utilização, organização, limpeza, padronização e autodisciplina, na qual compõem uma metodologia a ser seguida como um aspecto da continuidade intrinsecamente associado a seu sucesso organizacional (FERREIRA, 2016). Através da ferramenta é possível o alcance da organização de acordo com os lugares estabelecidos para cada elemento atribuído ao processo construtivo.

Face ao exposto, a ferramenta Kanban faz o uso de cartões que catalogam a liberação de um serviço ou a retirada de materiais que serão utilizados, evitando assim, serviços parados por falta de materiais, permitindo a continuidade do fluxo de serviços (REIS, 2017). Mediante ao uso eficaz da ferramenta, é possível realizar a movimentação dos materiais, manutenção de estoque, visando uma produção com a quantidade necessária aos serviços.

Araújo (2018) evidencia a ferramenta Arranjo Físico a partir da organização dos recursos de produção, isto é, os maquinários, instalações, equipamentos e entre outros, para a produção de um determinado bem ou atividade, podendo ser do tipo funcional, posicional, celular e por produto. A escolha do tipo de arranjo físico é feita de acordo com o tipo de processo a ser executado.

Na visão de Polito (2016) a ferramenta Operador Polivalente refere-se na capacitação dos colaboradores para executar adequadamente várias atividades nas quais foram designados, a fim de evitar a limitação do mesmo em apenas um serviço, empregando trabalhadores multiqualificados na integridade dos níveis da organização. A qualificação dos trabalhadores oferece a multifuncionalidade profissional, de modo a treinar o mesmo para desenvolver várias funções dentro da empresa.

Neto (2018) cita o Kaizen como a melhoria contínua das atividades inseridas no processo de produção, identificando as perdas e falhas para eliminação das mesmas, de modo a evitar os desperdícios e agregando valor ao produto final. Além disso, possibilita realizar o monitoramento interligando ao ciclo PDCA. É considerada de grande relevância, pois padroniza os processos construtivos, como forma de uniformizar as eventuais soluções para as falhas decorrentes das atividades.

A ferramenta Mapa de fluxo de valor representa uma qualificação das operações, isto é, expressa o mapeamento do real cenário na qual integra todas as atividades do processo, mediante à elementos gráficos que viabilizem a visualização referente ao que está acontecendo em cada etapa, como os fornecedores, clientes, fluxo de informações,estoques, movimentação de materiais e entre outros (SILVA, 2017). O MFV contribui na visualização de todo o processo, identificando os desperdícios que não agregam valor ao fluxo e ao produto final para o consumidor.

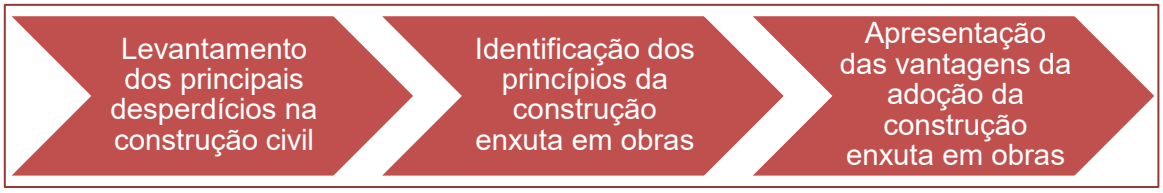
A identificação das atividades que não agregam valor, que são os desperdícios, é fundamental para o desenvolvimento do processo, a medida que a aplicação das ferramentas refletem nos benefícios proporcionados à viabilidade de mudar todo o processo convencional, resultando na melhoria contínua para reduzir desperdícios e tempo de execução, aumentando a qualidade do produto oferecido ao consumidor.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Neste item será apresentada a metodologia, traçando a linha de estudo para a elaboração desta pesquisa científica. Quanto à natureza classifica-se como pesquisa básica, aos objetivos, a pesquisa classifica-se como descritiva. Em relação à abordagem classifica-se como qualitativa. Como procedimento técnico a pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica é então feita com o intuito de levantar um conhecimento disponível sobre teorias, a fim de analisar, produzir ou explicar um objeto sendo investigado (BOAVENTURA, 2017).

Para alcançar o objetivo geral de analisar a utilização de ferramentas de construção enxuta para redução de desperdícios em obras de construção civil foi estabelecido o fluxograma representado na Figura 2.

Figura 2. Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2023)

3.1. LEVANTAMENTO DOS PRINCIPAIS DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Nesta etapa foi realizada uma revisão sistemática de literatura sobre os principais desperdícios na construção civil, cujo objeto de análise é a produção científica veiculada em periódicos indexados nos bancos de dados da Google Acadêmico e SciELO. A busca dos artigos foi realizada no mês de maio de 2023, com os seguintes termos de busca: "construção enxuta", "desperdícios na construção civil" e "ferramentas de construção enxuta".

Foi feito um corte temporal dos últimos 10 anos para que a busca filtrasse as pesquisas publicadas entre 2013 a 2023. Nas duas bases foram aplicados os filtros artigo e texto disponível. Adotou-se os seguintes critérios de inclusão: escritos em português ou inglês e com disponibilidade de texto completo. Como critérios de exclusão: teses, livros e documentos ministeriais.

3.2. IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA EM OBRAS

Nesta etapa foi realizada uma revisão integrativa de literatura, onde identificou os princípios da construção enxuta em obras, evidenciando a sua aplicação para redução de desperdícios. Adotou-se as seguintes fontes de pesquisa: artigos, teses e dissertações. O local de busca das fontes foi a base de dados do Google Acadêmico. A revisão integrativa possibilitou reunir e sintetizar os resultados de pesquisa sobre a temática, de maneira sistemática e ordenada, contribuindo para o aprofundamento do conhecimento acerca do tema investigado.

3.3. APRESENTAÇÃO DAS VANTAGENS DA ADOÇÃO DAS FERRAMENTAS DE CONSTRUÇÃO ENXUTA EM OBRAS

Trata-se de uma analise de conteúdo sobre as vantagens da adoção da construção enxuta em obras, analisando as melhorias nos níveis de eficiência, produtividade e previsibilidade. Os conteúdos canalizados para essa etapa foram os artigos do item 3.1. A análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de exploração de documentos, que procura identificar os principais conceitos ou os principais temas abordados em um determinado texto. A análise de conteúdo foi estruturada da seguinte forma: pré-análise, exploração do material, tratamento e interpretação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. LEVANTAMENTO DOS PRINCIPAIS DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Nesta etapa realizou-se uma revisão sistemática de literatura sobre os principais desperdícios na construção civil, no mês de maio de 2023, com os seguintes termos de busca: "construção enxuta", "desperdícios na construção civil" e "ferramentas de construção enxuta", foram encontrados 53 artigos, quando aplicado o corte temporal de 2013 a 2023, resultou em 32 artigos.

Após a aplicação do filtro foram encontrados 26 artigos, foram excluídos 11 artigos, que eram: teses, livros e documentos ministeriais. Portanto, obteve-se um total de 15 estudos a partir da metodologia, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo da literatura encontrada

ID	Autores	Ano	Título
1	MORAIS, M. M. et al.	2013	Desperdício de blocos cerâmicos em obras de construção civil: estudo de caso da manipulação dos blocos pelos trabalhadores.
2	RUA, J. B. N.	2014	O desperdício de materiais no canteiro de obras.
3	BEZERRA, C. M. S.; FILHO, J. A. P.	2017	Redução do desperdício de materiais e resíduos sólidos na construção civil por meio de treinamento de mão de obra.
4	AMBROSIO, D. D.; CARVALHO, L. C.	2018	Cálculo de desperdícios em obras de engenharia civil: perdas de argamassa no processo de reboco em paredes de alvenaria.
5	RUARO, C. L.; PREDIGER, P. W.	2018	O desperdício de material e mão de obra no processo produtivo do emboço interno.
6	MATIAS, L.; NUNES, A. F.; CRUZ, R. C. A. L.	2018	Desperdícios na construção civil.
7	ALBUQUERQUE, T. L.; SANTANA, C. G.	2018	Desperdício de material no canteiro de obras de médio porte em São Luís - MA na atualidade.
8	AGUSTONI, D. C.; MARCO, G.	2018	Geração de resíduos e desperdícios na construção civil.
9	SANTANA, L. R. S.; SILVA, J. A. M.	2019	Desperdícios de materiais no canteiro de obras.
10	AMARAL, T. G. et al.	2019	Identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras.
11	LEAL, S. M. et al.	2019	A eficiência na construção civil: proposições contra o desperdício nas obras.
12	CUPERTINO, T. S. et al.	2019	Propostas para minimização de desperdícios em um processo de fabricação e montagem de estruturas metálicas.
13	SEMELER, A. N.; SCARIOT, K. A. L.	2020	Verificação de desperdícios de matérias em obra de pequeno e grande porte na cidade de Sinop.
14	BOERIZ, T. A.; FILHO, M. G.	2021	Gestão da qualidade na prevenção dos desperdícios em canteiro de obras da construção civil.
15	LIMA, A. L. et al.	2022	Comunicação: falta de clareza nos projetos gera desperdício de materiais nas obras de Santarém/PA.

Fonte: Autoria própria (2023)

Em todo processo construtivo existem dificuldades no decorrer da obra de edificação. Assim, os principais desperdícios de materiais na construção civil encontradas na literatura foram o desperdício de cimento, de tijolo e mão de obra. As dificuldades existentes sobre o desperdício de cimento, conforme Junges e Wischral (2022) é que não existe padronização para o desenvolvimento da argamassa e a falta de verificação das especificações da deliberação do serviço, para que se possa realizar a produção enxuta.

Almeida e Picchi (2018) demonstraram que o desperdício de tijolo envolve a má elaboração do layout do canteiro de obra, e falta de treinamento para a utilização do tijolo, ocasionando desperdício e consequentemente danos a meio ambiente. Entre os trabalhos explorados, Pimentel, Nogueira e Santos (2022) demonstraram que a falta de locais específicos para o armazenamento dos materiais e o desrespeito às especificações de estoque de alguns materiais, também foram causas para o aparecimento de desperdícios.

Santana e Silva (2019) observaram que a logística dos canteiros de obras tem um papel fundamental para a redução dos desperdícios nas obras e a melhoria dos processos,

em geral. A Tabela 2 mostra os principais desperdícios com as possíveis causas mais relevantes na construção civil.

Tabela 2 – Principais desperdícios e causas na construção civil

Desperdícios	Possíveis causas
Superprodução	Grandes áreas de depósitos
	Lotes grandes
	Produção empurrada
Espera	Espera por materiais e informações
	Imprevistos de produção
Transporte	Layout inadequado
	Custos elevados de transporte
	Produzir com antecedência
Processos inadequados	Falta de padronização
	Material inadequado
	Erros ao longo do processo
Estoque	Aceitar a superprodução ao focar na produtividade local
	Produto obsoleto
Movimentação	Padrões inadequados
	Disposição e/ou controle inadequado de peças, insumos, ferramentas e dispositivos
Defeitos	Processos de fabricação inadequados
	Falta de treinamento dos colaboradores e insumos inadequados

Fonte: Rezende, Domingues e Mano (2012)

Conforme as análises das pesquisas realizadas por diversos autores, observa-se que é preocupante a situação da construção civil no que diz respeito a desperdícios de materiais, e o impacto que consequentemente causa ao meio ambiente, principalmente, na época da execução da obra (canteiro de obras). No entanto, conforme Souza (2010), tais desperdícios podem ser reduzidos, chegando a índices relativamente aceitáveis através da aplicação da construção enxuta.

4.2. IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA EM OBRAS

A identificação dos princípios da construção enxuta em obras foi realizada através revisão integrativa de literatura. Com isso, foram feitas buscas por artigos, teses e dissertações sobre a temática. Assim, foram reunidos na pesquisa 9 referências para embasar esse tópico, contando com estudos que abordavam diretamente os princípios da construção enxuta em obras. A seguir, na Tabela 3 estão representados os estudos que contribuíram para esta revisão de literatura integrativa, com seus respectivos autores, ano e títulos.

Tabela 3 – Resumo da literatura encontrada

Autores	Ano	Título
ELY, D. M	2011	Intervenção para melhorias em serviços de construção: um estudo de caso baseado em princípios da construção enxuta.
SOUZA, V. A. R.; ALLEM, P. M.	2016	Estudo da aplicação do princípio lean construction na construção de um condomínio residencial em Urussanga - SC.
MARINHO, J. S. et al.	2016	Análise da aplicação dos princípios da construção enxuta em uma construtora de João Pessoa – PB.
GANDRA, F. C.; VELOSO, J. R. F.; OLIVEIRA, M. C.	2018	Análise da utilização dos princípios Lean Construction (construção enxuta), em canteiros de obras na cidade de Teófilo Otoni – MG.
BORGES, J. S.; SANTOS, J. V. A.	2021	Aplicação do lean construction em um canteiro de obras com ênfase nos processos de transporte, armazenamento e execução de revestimentos cerâmicos.
MORAES, G. P. V. et al.	2021	Estudo de Caso: Aplicação dos princípios da filosofia da construção enxuta em obra residencial de pequeno porte.
FREITAS, A. N.	2021	Princípios lean construction: gestão da produtividade nos sistemas de vedações verticais em uma empresa construtora.
ROCHA, M. L.; RODRIGUES, P. B. F.	2022	Aplicação dos princípios da lean construction e seus resultados em um canteiro no município de Senador Canedo – GO.
PERDIGÃO, L.; REINERT JUNIOR, A. J.	2022	Lean Construction: como os princípios da manufatura enxuta podem contribuir na gestão dos processos construtivos da construção civil.

Fonte: Autoria própria (2023)

Conforme a literatura encontrada, são cinco os principais princípios da construção enxuta aplicados efetivamente na construção civil, são eles: reduzir atividades que não agregam valor, induzir melhorias contínuas no processo, reduzir a variabilidade do processo, reduzir o tempo de ciclo e simplificar através da minimização do número de passos e partes.

Segundo Neri (2021) as atividades que não agregam valor, também podem ser chamadas de desperdícios, pois consomem recurso, tempo, e espaço, portanto, reduzir esse tipo de atividade é de fundamental importância para a redução dos custos. Para reduzir a variabilidade é somente através da padronização dos processos das atividades internas da obra. Para Polito (2016) uma forma eficaz para redução da variabilidade é ter uma transparência dos processos, padronização das atividades e principalmente dispositivos a prova de erros.

O trabalho de Ely (2011) demonstrou que a aplicação dos princípios da construção enxuta nas atividades ligadas à movimentação, armazenamento e execução de revestimentos cerâmicos, alcançou a classificação de total aplicação dos princípios: redução de atividades que não agregam valor e redução da variabilidade.

Peretti (2016) constatou que ao mencionar os princípios aos profissionais, estes são de pouco conhecimento, entretanto, tem-se uma aceitação imediata quando se fala em redução de tempo e aumento da produtividade com eliminação de tarefas consideradas como de não agregação de valor.

O templo de ciclo de produção é definido como sendo a somatória dos períodos de tempo necessários para a produção de determinado produto. Conforme Fiuza (2022) a redução do tempo de ciclo de uma atividade vem da filosofia Just in Time, cada processo tem que acontecer igual ao planejado, tendo objetivo evitar atrasos.

De acordo com Neto (2018) a simplificação através da minimização do número de passos e partes pode ocorrer em dois tipos de origens na construção enxuta, tendo a primeira pela redução da quantidade dos componentes do produto e a segunda pelos passos ou partes atuantes no fluxo de trabalho. Formoso (2002) pontua que esse princípio é frequentemente utilizado no desenvolvimento de sistemas construtivos racionalizados, aplicado sob a utilização de elementos pré-fabricados, equipes polivalentes e um planejamento eficaz do processo de produção, que busque agregar pequenas tarefas em atividades maiores.

No trabalho de Costa (2014) constatou que o princípio de simplificação através da minimização do número de passos e partes é praticado na empresa através da utilização de componentes pré-fabricados, como por exemplo, as tesouras de madeira da cobertura, e distribuição de kits. Essa simplificação reduz consideravelmente o desperdício de materiais, pois são levados para o local os componentes já montados.

4.3. APRESENTAÇÃO DAS VANTAGENS DA ADOÇÃO DAS FERRAMENTAS DE CONSTRUÇÃO ENXUTA EM OBRAS

A adoção das ferramentas de construção enxuta em obras tem como objetivo fornecer diretrizes para eliminação dos desperdícios gerados no sistema produtivo aprimorando os processos. A aplicação das ferramentas em canteiros de obra apresenta-se como uma solução à falta de estratégias que melhorem os processos, os prazos e desperdícios gerados.

Os autores Villa et al. (2014) verificaram melhorias após trinta dias de implantação das ferramentas de construção enxuta no canteiro de obras, os custos relacionados aos desperdício antes da implantação eram de R$ 29.753,09, o qual foi reduzido para R$ 8.523,55, totalizando uma redução significativa de 71,3% dos desperdícios.

A adoção das ferramentas de construção enxuta em obras contribui na redução de mão de obra ociosa, além de auxiliar no processo produtivo da obra, tornando essa mais organizada e limpa, com melhor fluidez, com eliminação de desperdícios no canteiro, e por fim, mais sustentável.

O autor Silva (2018) realizou um questionário preenchido pelos construtores para avaliar a aplicação das ferramentas em obras de pequeno porte na cidade de Uberlândia-MG. O autor constatou que a aplicação das ferramentas está longe da realidade e que os profissionais da área não acham viável a aplicação dessas ferramentas, entretanto, reconheceram que os métodos podem diminuir o tempo de execução da obra, reduzir desperdícios aumentar a qualidade e trazer maiores lucros.

Babalola, Ibem e Ezema (2019) realizaram um levantamento dos princípios e ferramentas da construção enxuta que tange comportamento dos trabalhadores e práticas de segurança. Os autores concluíram que os princípios e ferramentas enxutas podem fornecer uma oportunidade grandiosa para melhorar ainda mais a segurança do trabalhador no canteiro de obra.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste artigo foi analisar a utilização de ferramentas de construção enxuta para redução de desperdícios em obras de construção civil. Neste contexto, a revisão sistemática evidenciou a necessidade de eliminar as rotinas dispensáveis do

processo construtivo, como forma de controlar os desperdícios e atribuir maior qualidade aos produtos finais através da implementação da ferramenta de construção enxuta, proporcionando um novo paradigma de produção, visando a otimização dos recursos à melhor aplicação, e a qualidade atribuída aos produtos oferecidos para o atendimento das necessidades e exigências dos clientes.

Quanto ao primeiro objetivo específico proposto para a pesquisa, o estudo buscou realizar o levantamento dos principais desperdícios na construção civil. Compreendeu-se a necessidade de obter o conhecimento dos desperdícios característicos às etapas construtivas, sendo estes os principais ocasionadores de baixa produtividade e aumento de custos, assim, para a aplicação dos conceitos de construção enxuta, foi necessário o desenvolvimento de habilidades gerenciais que alterem o modelo sistemático para as atividades de conversão com o intuito de eliminar tais desperdícios da construção.

Para o segundo objetivo específico, buscou-se realizar a identificação dos princípios da construção enxuta em obras. Observou-se que os princípios da construção enxuta viabilizam padronizar as atividades construtivas, proporcionando maior qualidade no controle de obras, induzindo melhorias contínuas no processo de construção, e principalmente, reduzindo as atividades que não agregam valor e que geram custos e atrasos para a obra.

E por fim, no terceiro objetivo específico, realizou-se a apresentação das vantagens da adoção das ferramentas de construção enxuta em obras. Como panorama benéfico para a construção civil, a adoção da construção enxuta cria um processo mais previsível através de planejamento e análise de dados, otimizando o projeto como um todo, com foco na melhoria coletiva, e não apenas em áreas e processos individuais, identificando os processos e métodos mais eficazes ao alcance dos objetivos organizacionais, em função da máxima padronização para reduzir os níveis de inconsistência e variabilidade nos projetos.

Por conseguinte, a hipótese proposta aponta que dentre as dificuldades existentes no processo construtivo, a construção enxuta proporciona ganhos significativos á obra, mediante a redução de perdas e capital utilizado, e consequentemente, agrega valor ao produto final. Na aptidão de eliminar desperdícios e custos, evitar atrasos e aumentar a produtividade, o conhecimento a respeito da filosofia aponta que há a preocupação das empresas em melhorar seus processos produtivos, visando priorizar a satisfação dos clientes ao produto final oferecido, fator este decisivo para a sobrevivência das empresas no mercado.

Embora o alcance dos objetivos propostos ao presente artigo tenham sido satisfatórios, evidencia-se a necessidade de realizar mais estudos acerca do tema em questão, pesquisas futuras devem ser realizadas em estudo de campo como forma de aplicar ferramentas, técnicas e tecnologias da filosofia de construção enxuta nas empresas do setor da construção civil, acompanhando o processo de implementação do sistema, evidenciando as melhorias e as dificuldades encontradas durante todo o processo.

REFERÊNCIAS

[1] AMARAL, T. G. et al. Identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras. EEC – **Revista Eletrônica de Engenharia Civil** Vol 15 - nº 1, 2019.

[2] ALMEIDA, E. L. G.; PICCHI, F. A. Relação entre construção enxuta e Sustentabilidade. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre - RS, v. 18, n. 1 p. 91-109. jan/mar/2018.

[3] AMBROSIO, D. D.; CARVALHO, L. C. **Cálculo de desperdícios em obras de engenharia civil: perdas de argamassa no processo de reboco em paredes de alvenaria.** Artigo. Curso de Engenharia Civil do Grupo Unis MG, 2018.

[4] ALBUQUERQUE, T. L.; SANTANA, C. G. Desperdício de material no canteiro de obras de médio porte em São Luís - MA na atualidade. **Revista do CEDS**, n. 9, 2018.

[5] AGUSTONI, D. C.; MARCO, G. Geração de resíduos e desperdícios na construção civil. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, ano MMXVIII, Nº. 000136, 2018.

[6] ARAÚJO, P. G. A. **Práticas de construção enxuta: um caso em Palmas - TO.** 79 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Centro Universitário Luterano de Palmas, 2018.

[7] ALCANTARA, L. F. B. **Atraso de obras: Uma correlação com problemas no gerenciamento.** Trabalho de conclusão de graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

[8] ALIANI, C. **Planejamento: ferramenta indispensável para o canteiro de obras.** 35 f. TCC (Curso de Especialização em Construção Civil), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2015.

[9] BATISTA, C. G. A. **Estudo de caso: utilização do planejamento de curto prazo e controle de materiais com a metodologia kanban para otimização do canteiro de obra.** 49 f. Monografia, Centro Universitário Christus. Fortaleza, 2021.

[10] BABALOLA, O.; IBEM, E. O.; EZEMA, I. C. **Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review.** Building and Environment, v. 148, p. 34-43, 2019.

[11] BARBOSA, G.; ANDRADE, F.; BIOTTO, C.; MOTA, B. **Implementação de Construção Enxuta em um ano em um projeto de construção.** Anais do Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção Inovação e Sustentabilidade, Salvador, BA, Brasil, 2013.

[12] BEZERRA, C. M. S.; FILHO, J. A. P. **Redução do desperdício de materiais e resíduos sólidos na construção civil por meio de treinamento de mão de obra.** Anais do VI SINGEP – São Paulo – SP, 2017.

[13] BOERIZ, T. A.; FILHO, M. G. **Gestão da qualidade na prevenção dos desperdícios em canteiro de obras da construção civil.** Brazilian Journal of Production Engineering, 7(3), 71-84, 2021.

[14] BORGES, J. S.; SANTOS, J. V. A. **Aplicação do lean construction em um canteiro de obras com ênfase nos processos de transporte, armazenamento e execução de revestimentos cerâmicos.** Monografia, 91 f. (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Espírito Santo, 2021.

[15] BOAVENTURA, E. M. **Exercícios de metodologia da pesquisa.** Salvador: Quarteto, 2017.

[16] COSTA, J. T. P. **Estudo de técnicas de planejamento e gestão utilizadas por construtoras em obras convencionais e por administração a preço de custo**, 2018. UFRJ, Rio de Janeiro, 2018.

[17] COSTA, J. L. **Verificação dos princípios lean construction em obras de habitação popular no município de Campo Mourão – Paraná.** 64 f. (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

[18] CUPERTINO, T. S. et al. **Propostas para minimização de desperdícios em um processo de fabricação e montagem de estruturas metálicas.** IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, PR, 2019.

[19] DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo.** 3.ed. Bookman, Porto Alegre, 2015.

[20] ELY, D. M. **Intervenção para melhorias em serviços de construção: um estudo de caso baseado em princípios da construção enxuta.** 318 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

[21] FERREIRA, E. A. de F. **Construção Enxuta: uma ferramenta para o enfrentamento do cenário atual de crise econômica.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil), UFPB, João Pessoa, 2016.

[22] FIUZA, G. C. P. **Construção enxuta: uma investigação sobre ferramentas e técnicas adotadas na região de Ouro Preto.** 66 f. TCC (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Ouro Preto, 2022.

[23] FORMOSO, C. T. **Lean Construction: princípios básicos e exemplos. Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obra.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul-NORIE/UFRS. v. 15, p. 50 - 58, 15 out. 2002.

[24] FREITAS, A. N. **Princípios lean construction: gestão da produtividade nos sistemas de vedações verticais em uma empresa construtora.** 30 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2021.

[25] GANDRA, F. C.; VELOSO, J. R. F.; OLIVEIRA, M. C. **Análise da utilização dos princípios Lean Construction (construção enxuta), em canteiros de obras na cidade de Teófilo Otoni – MG.** Monografia, 74 f. (Graduação em Engenharia Civil), Instituto Ensinar Brasil, 2018.

[26] JUNGES, C. C.; WISCHRAL, A. S. **Lean construction: Como os princípios da manufatura enxuta podem contribuir na gestão dos processos construtivos da construção civil.** TCC (Graduação em Engenharia Civil), UNISOCIESC, 2022.

[27] JUNIOR, A. B. A. **Análise dos procedimentos de planejamento e controle de obras na cidade de Machacalis – MG.** 17 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Centro Universitário Doctum de Teófilo Otoni, 2019.

[28] LEAL, S. M. et al. **A eficiência na construção civil: proposições contra o desperdício nas obras.** 10ª Jornada da Iniciação Científica e Extensão, Instituto Federal de Tocantins, 2019.

[29] LIMA, A. L. et al. Comunicação: falta de clareza nos projetos gera desperdício de materiais nas obras de Santarém/PA. **Revista Ibero- Americana de Humanidades, Ciências e Educação- REASE**, v.8.n.11, 2022.

[30] MATIAS, L.; NUNES, A. F.; CRUZ, R. C. A. L. Desperdícios na construção civil. **Revista Campo do Saber**, v. 4, n. 3, 2018.

[31] MARINHO, J. S. et al. **Análise da aplicação dos princípios da construção enxuta em uma construtora de João Pessoa – PB.** XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa, 2016.

[32] MORAES, G. P. V. **Estudo de caso: aplicação dos princípios da filosofia da construção enxuta em obra residencial de pequeno porte.** Brazilian Journal of Development, Vol. 7 No. 12, 2021.

[33] MORAES, G. P. V. et al. **Estudo de Caso: Aplicação dos princípios da filosofia da construção enxuta em obra residencial de pequeno porte.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.12, 2021.

[34] MOURA, R.; HEINECK, L. **Linha de balanço – síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras.** Anais do Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, AL, Brasil, 2014.

[35] MORAIS, M. M. et al. **Desperdício de blocos cerâmicos em obras de construção civil: estudo de caso da manipulação dos blocos pelos trabalhadores.** XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX 2013 – UFRPE: Recife, 2013.

[36] NERI, B. S. **Construção enxuta: boas práticas para a redução de desperdícios na construção de edificações convencionais.** 81 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2021.

[37] NETO, M. R. V. S. **Análise de custo sobre a aplicabilidade das metodologias do lean construction em canteiro de obra de condomínio vertical multifamiliar de São Luís – MA.** 86 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

[38] NETO, A. P. M. **Planejamento e controle de obras: técnicas e aplicações para uma unidade unifamiliar.** 75 f. Monografia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe. Aracaju, 2017.

[39] PERDIGÃO, L.; REINERT JUNIOR, A. J. Lean Construction: como os princípios da manufatura enxuta podem contribuir na gestão dos processos construtivos da construção civil. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano. 07, Ed. 02, Vol. 03, pp. 165-185, 2022.

[40] PERETTI, L. S. et al. Princípios de construção enxuta em empresa de pequeno porte em Guarulhos (SP). **Revista Organizações em Contexto**, v. 12, n. 23, 2016.

[41] PEREIRA, P. I. R. **Lean construction aplicado a uma indústria de pré-moldados: uma análise de consumo e perda do aço.** 51 f. TCC (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, 2023.

[42] PIMENTEL, J. M.; NOGUEIRA, C. S.; SANTOS, F. C. **Investigação das ações relativas à construção enxuta na análise do serviço de estrutura de concreto armado.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.8, n.1, p. 1255-1278, 2022.

[43] POLITO, G. **Metodologias e boas práticas de gerenciamento de obras – Lean construction e Gerenciamento pelas diretrizes.** Téchne, [s.i.], p.34-37, abr. 2016. Mensal.

[44] REIS, C. C. C. Construção enxuta, proposta de diagnóstico e análise do canteiro de obras. **Revista da FAE**, v. 20, n.1. 2017.

[45] REZENDE J. S., DOMINGUES S. M. P. S., MANO, A. P. Identificação das práticas da filosofia lean construction em construtoras de médio porte na cidade de Itabuna (BA). **Revista Engevista**, Ilhéus, Volume 14, n. 3. p. 281-292, dezembro 2012.

[46] ROCHA, M. L.; RODRIGUES, P. B. F. **Aplicação dos princípios da lean construction e seus resultados em um canteiro no município de Senador Canedo – GO.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil), PUC – GOIÁS, 2022.

[47] RUARO, C. L.; PREDIGER, P. W. **O desperdício de material e mão de obra no processo produtivo do emboço interno.** XXVI Seminário de Iniciação Científica, Santa Rosa/RS, 2018.

[48] RUA, J. B. N. O desperdício de materiais no canteiro de obras. Artigo, **Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT**, 2014.

[49] SANTANA, L. R. S.; SILVA, J. A. M. **Desperdícios de materiais no canteiro de obras.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, Palmas/TO – Brasil, 2019.

[50] SEMELER, A. N.; SCARIOT, K. A. L. **Verificação de desperdícios de matérias em obra de pequeno e grande porte na cidade de Sinop.** Artigo, Centro Universitário UNIFASIPE, Sinop – MT, 2020.

[51] SILVA, M. A. F. **Construção enxuta em obras de pequeno porte.** 44 f. (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

[52] SILVA, L. R. **Aplicação do BIM integrado à construção enxuta, com enfoque no sistema last planner.** 96 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

[53] SOUZA, V. A. R.; ALLEM, P. M. **Estudo da aplicação do princípio lean construction na construção de um condomínio residencial em Urussanga - SC.** 17 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2016.

[54] SOUZA, L. S. **Investigação de ações relativas à construção enxuta em construtoras goianas.** 2010. 218 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

[55] SÁ NETO, S. D. **Construção enxuta – lean construction: o caso do Inovacon – CE.** 48 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2020.

[56] VILLA. A. A. O.; SILVA. I. G. O.; SILVA. P. P.; SANTOS. W. B.; DINIZ. H. H. L, Utilização da lean construction e das ferramentas da qualidade na construção de casas populares. **Revista de Trabalhos Acadêmicos Universo Recife**, 2014.

Capítulo 2

Riscos ergonômicos associados aos serviços de pavimentação

Francisco Duarte Amaro

Resumo: A pavimentação é um processo crucial para o desenvolvimento urbano, proporcionando benefícios significativos, mas não isento de riscos. Principalmente quem está executando os determinados serviços. Os trabalhadores que atuam em serviços de pavimentação estão sujeitos a diversos riscos de acidentes, devido à natureza física do trabalho, como por exemplo, posturas inadequadas, esforços físicos intensos, vibrações, ruídos e exposição a agentes químicos e trabalho prolongado. Diante disso esse artigo tem como objetivo geral analisar os riscos de acidentes nos serviços de pavimentação por meio de uma revisão bibliográfica. Para alcançar o objetivo geral foi necessário estar identificando os principais riscos de acidentes, analisando as medidas preventivas adotadas palas empresas e propondo medidas preventivas com vistas a segurança do trabalhador. Assim os resultados apontaram que a partir da identificação dos fatores causadores desses acidentes, e com base na consonância das medidas implementadas de acordo com as normas de segurança do trabalho, foram estabelecidos critérios para análise de riscos que venham evitar esses acidentes. Com isso foi possível demostrar que os serviços de pavimentação apresentam diversos riscos de acidentes, incluindo posturas inadequadas, esforços físicos intensos, vibrações, ruídos e exposição a agentes químicos e trabalho prolongado.

Palavras-chave: Riscos de acidentes. Pavimentação. Segurança do trabalho.

1. INTRODUÇÃO

A pavimentação é um processo crucial para o desenvolvimento urbano, proporcionando benefícios significativos, mas não isento de riscos. Principalmente quem está executando os determinados serviços. Os trabalhadores que atuam em serviços de pavimentação estão sujeitos a diversos riscos de acidentes, devido à natureza física do trabalho, como por exemplo, posturas inadequadas, esforços físicos intensos, vibrações, ruídos e exposição a agentes químicos e trabalho prolongado.

O setor da construção civil, principalmente a que trabalha com pavimentação de rodovias é um dos grandes geradores de riscos ocupacionais aos operários que realizam manutenção em pavimentos rodoviários, então cabe aos responsáveis pela obra orientar e verificar se os operários estão fazendo uso dos equipamentos de proteção individual e coletivos com vistas a evitar riscos de acidentes.

As empresas que realizam esses serviços devem estar cientes dos riscos envolvidos e tomar as medidas necessárias para garantir que seus trabalhadores possam realizar suas atividades com segurança. Portanto, é importante que tanto as empresas quanto os trabalhadores estejam cientes dos riscos ergonômicos que estão associados aos serviços de pavimentação para que trabalhem juntos para garantir um ambiente de trabalho seguro.

Diante disso esse artigo tem como objetivo geral analisar os riscos de acidentes nos serviços de pavimentação por meio de uma revisão bibliográfica. É um tema de extrema importância para a sociedade, pois está diretamente relacionada as atividades que envolve riscos significativos de acidentes para os trabalhadores envolvidos no processo.

A fundamentação teórica deste estudo aborda tópicos fundamentais no contexto da pavimentação. Primeiramente, foram apresentados os conceitos de pavimentação como um todo, em seguida as técnicas de pavimentação e serão também discutidos os riscos ergonômicos que estão associados aos serviços de pavimentação. Esses tópicos são fundamentais para uma abordagem abrangente da pavimentação e para a proteção dos trabalhadores envolvidos nesse setor crucial da construção civil.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CONCEITO HISTÓRICO DA PAVIMENTAÇÃO

Nesse tópico, será apresentado a história e o conceito de pavimentação. A história da pavimentação remonta à antiguidade, quando os povos antigos utilizavam pedras, madeira, tijolos e outros materiais para construir estradas e caminhos. Os romanos foram os primeiros a desenvolver técnicas avançadas de pavimentação, criando uma rede viária que interligava todo o império (BERNUCCI, et al., 2017). Com o passar dos séculos, novos materiais e métodos foram surgindo e aprimorando a pavimentação, como o concreto, o asfalto, o macadame e o paralelepípedo.

A pavimentação é a atividade de construir e cobrir superfícies para tornar mais fácil o uso e o movimento de pessoas e veículos. A pavimentação consiste na colocação de uma ou mais camadas de materiais sobre uma base de terra ou pedra, criando uma estrutura horizontal firme e durável (BERNUCCI, et al., 2017).

Para o autor referenciado os materiais usados na pavimentação podem variar, como concreto, asfalto, pedra, tijolo, entre outros, conforme as características e necessidades de cada lugar. A pavimentação é relevante para a infraestrutura e o

progresso de um país, pois aprimora as condições de transporte, segurança, conforto e estética das vias.

A pavimentação é uma atividade fundamental para o progresso social e econômico de um país, pois facilita a circulação e o transporte de pessoas e mercadorias. Porém, os pavimentos no Brasil têm baixa qualidade e durabilidade, devido a vários fatores como o clima, o tráfego, o solo, os materiais e as técnicas de projeto e construção (GUIMARÃES, 2018). Por isso, é preciso buscar alternativas que aprimorem o desempenho e a vida útil dos pavimentos, diminuindo os gastos com manutenção e os danos ambientais.

Uma das opções para atingir esse propósito é o uso do método mecanístico-empírico de dimensionamento de pavimentos, que consiste em avaliar a estrutura do pavimento com base nas cargas que serão aplicadas sobre ele, levando em conta as propriedades mecânicas dos materiais e as condições ambientais. Esse método permite calcular as deformações e as tensões que acontecem nas camadas do pavimento, bem como prever as falhas que podem aparecer ao longo do tempo, como rachaduras e deformações (BALBO, 2017).

A pavimentação é o processo de revestir uma superfície com uma estrutura de múltiplas camadas, visando melhorar as condições de tráfego e mobilidade de pessoas e cargas. A pavimentação é uma atividade essencial para o desenvolvimento socioeconômico de um país, pois proporciona a integração e a acessibilidade entre diferentes regiões e modais de transporte. Além disso, a pavimentação contribui para a segurança, o conforto e a qualidade de vida dos usuários das vias.

2.2. TIPOS DE PAVIMENTOS

Atualmente, existem três tipos principais de pavimentação utilizados em obras públicas: os pavimentos flexíveis, os pavimentos semirrígidos e os pavimentos rígidos. Cada tipo apresenta características distintas quanto à resistência, à deformação, à absorção das tensões e ao custo de implantação e manutenção (PEREIRA, 2015). A escolha do tipo mais adequado depende de diversos fatores, como as características do solo, do clima e do tráfego do local.

Os pavimentos flexíveis são aqueles que apresentam um revestimento composto por ligantes asfálticos derivados do petróleo. Esse tipo de pavimento é capaz de se adaptar às variações do terreno e às cargas aplicadas sobre ele, apresentando deformações elásticas ou plásticas. Os pavimentos flexíveis são indicados para vias com tráfego leve ou médio, pois apresentam menor resistência ao desgaste e à fadiga (BALBO, 2017).

Os pavimentos semirrígidos são aqueles que apresentam uma base de cimento recoberta por uma camada asfáltica. Esse tipo de pavimento combina as propriedades dos pavimentos flexíveis e rígidos, apresentando resistência intermediária às cargas e às pressões externas. Os pavimentos semirrígidos são indicados para vias com tráfego médio ou pesado, pois apresentam maior durabilidade e menor necessidade de manutenção (LOPES, 2018).

Os pavimentos rígidos são aqueles que apresentam uma base em placas de concreto armado ou protendido. Esse tipo de pavimento é capaz de absorver quase toda a tensão da via com pouca ou nenhuma deformação. Os pavimentos rígidos são indicados para vias com tráfego pesado ou muito pesado, pois apresentam alta resistência às cargas pesadas e às pressões externas (FILHO, ROCHA, 2018).

Portanto, pode-se afirmar que a pavimentação é um processo complexo e importante para a infraestrutura viária de um país. A escolha do tipo de pavimentação deve levar em conta as características técnicas, econômicas e ambientais do local. O uso do método mecanístico-empírico de dimensionamento de pavimentos pode auxiliar nessa decisão, pois permite estimar o comportamento e o desempenho dos pavimentos ao longo do tempo.

2.3. TÉCNICAS DE PAVIMENTAÇÃO

Nesse tópico abordaremos as principais técnicas utilizadas nos serviços de pavimentação de ruas e estradas, bem como sua evolução ao longo do tempo. Serão discutidos os diferentes tipos de pavimentação, desde as mais antigas, como a pavimentação de pedra, até as técnicas modernas, como o asfalto

As técnicas de pavimentação segundo Bernucci (2017), são os métodos utilizados para construir e revestir as vias de circulação de veículos e pedestres. Essas técnicas devem garantir a segurança, a durabilidade, a funcionalidade e a estética das vias, além de considerar os aspectos econômicos, ambientais e sociais. Existem diferentes tipos de técnicas de pavimentação, que variam de acordo com o material utilizado, a estrutura do pavimento e o método de execução. Basicamente, existem quatro tipos: o asfalto, o concreto, o paralelepípedo e o piso intertravado.

2.3.1. TIPOS DE TÉCNICAS

O asfalto é o tipo mais comum de pavimentação no Brasil, sendo utilizado em cerca de 95% das estradas. O asfalto é uma mistura de agregados minerais (areia, pedra britada, etc.) e um ligante betuminoso (derivado do petróleo), que é aplicada sobre uma base granular ou estabilizada. O asfalto pode ser usinado a quente (CBUQ) ou a frio (CBUQF), dependendo da temperatura da mistura.

O asfalto tem como vantagens a facilidade de execução, a impermeabilização da superfície, a adaptação às deformações do solo e a possibilidade de reciclagem concreto é um tipo de pavimentação rígida, que consiste em uma camada única de concreto armado ou simples sobre uma base granular ou estabilizada (FILHO, ROCHA, 2018).

O concreto é um material resistente à compressão, à abrasão e às intempéries, mas que requer juntas de dilatação e contração para evitar fissuras. O concreto é utilizado em locais onde há tráfego intenso e pesado, como rodovias, aeroportos e pátios industriais.

O paralelepípedo é um tipo de pavimentação feita com blocos de pedra natural ou artificial, que são assentados sobre uma camada de areia ou brita sobre uma base granular ou estabilizada. E tipo de pavimentação tem como vantagens a permeabilidade da superfície, a durabilidade do material e a facilidade de manutenção. O paralelepípedo é utilizado em locais onde se deseja reduzir a velocidade do tráfego ou preservar o aspecto histórico ou paisagístico, como ruas antigas e praças.

O piso intertravado é um tipo de pavimentação feita com blocos pré-moldados de concreto ou cerâmica, que são encaixados entre si por meio de saliências e rebaixos nas laterais. Esse tipo de pavimentação se faz da seguinte forma, é assentado sobre uma camada de areia ou brita sobre uma base granular ou estabilizada (FILHO, ROCHA, 2018).

O piso intertravado tem como vantagens a permeabilidade da superfície, a variedade de cores e formas dos blocos e a facilidade de remoção e reinstalação. O piso intertravado é utilizado em locais onde se busca versatilidade e beleza estética, como calçadas, ciclovias e estacionamentos.

As técnicas de pavimentação segundo Bernucci (2017), evoluíram ao longo da história da humanidade, acompanhando o desenvolvimento das civilizações e das tecnologias. As primeiras formas de pavimentação surgiram na Antiguidade, com os egípcios, os babilônios, os gregos e os romanos, que utilizavam pedras naturais ou tijolos para construir estradas e vias urbanas. Na Idade Média, as técnicas de pavimentação entraram em declínio, sendo retomadas apenas na Idade Moderna, com o surgimento do macadame (camada de pedras britadas compactadas) e do asfalto natural (betume extraído do solo).

No século XXI, as técnicas de pavimentação buscam incorporar conceitos de sustentabilidade, como a reciclagem de materiais, a redução de emissões de poluentes, a melhoria da drenagem e a integração com o meio ambiente. Essas técnicas de pavimentação também se diferenciam de acordo com o tipo de solo, o clima, o relevo, o tráfego e o custo-benefício de cada região (BALBO, 2017).

No Brasil, as técnicas de pavimentação se desenvolveram a partir do início do século XX, com a licença dos primeiros carros particulares em 1903 e a criação do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) em 1937. O DNER foi responsável pela construção e manutenção das rodovias federais, utilizando inicialmente técnicas de pavimentação com macadame, asfalto natural e concreto asfáltico.

A partir da década de 1950, com o aumento da demanda por transporte rodoviário e a expansão da indústria automobilística, as técnicas de pavimentação se aprimoraram com o uso de novos materiais, equipamentos e métodos de projeto e execução. Foram criados órgãos e instituições para pesquisar, normatizar e fiscalizar as técnicas de pavimentação no país, como o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), a Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv) e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Além disso, foram realizados eventos e publicações para divulgar e debater as técnicas de pavimentação, como as Reuniões Anuais de Pavimentação (RAPv) e a Revista Pavimentação.

Atualmente, as técnicas de pavimentação no Brasil segundo Bernucci (2017), buscam incorporar conceitos de sustentabilidade, como a reciclagem de materiais, a redução de emissões de poluentes, a melhoria da drenagem e a integração com o meio ambiente.

Alguns exemplos são o uso de asfalto-borracha (mistura de asfalto com borracha reciclada de pneus), o uso de agregados reciclados (provenientes da demolição ou fresagem de pavimentos antigos), o uso de pavimentos permeáveis (que permitem a infiltração da água da chuva no solo) e o uso de pavimentos vegetados (que utilizam plantas para revestir ou ornamentar os pavimentos)

2.4. RISCOS DE ACIDENTES NOS SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO

Nesse tópico será abordado sobre os principais fatores ou riscos ergonômicos que contribuem para os acidentes nos serviços de pavimentação. Os serviços de pavimentação envolvem diversas atividades que podem expor os trabalhadores a riscos ergonômicos,

tais como esforço físico intenso, levantamento e transporte manual de peso, postura incorreta, exposição a ruídos e vibrações, entre outros. Esses riscos podem causar danos à saúde física e mental dos trabalhadores, comprometendo sua qualidade de vida e produtividade (ARAUJO, JUNIOR, 2022).

Alguns dos principais problemas decorrentes dos riscos ergonômicos nos serviços de pavimentação são as lesões musculoesqueléticas, as doenças respiratórias, os distúrbios auditivos e o estresse. Os riscos ergonômicos são aqueles que podem afetar as características psicofisiológicas dos trabalhadores, causando desconforto, fadiga, dor, lesão ou doença. Os serviços de pavimentação são atividades que envolvem diversos riscos ergonômicos, tanto de natureza física, química, como de organização do trabalho.

Esses riscos podem comprometer a saúde e a segurança dos trabalhadores e a qualidade dos serviços prestados. Alguns dos principais riscos ergonômicos nos serviços de pavimentação são:

- Riscos físicos: relacionados à exposição a ruídos, vibrações, calor, radiação solar, iluminação deficiente, entre outros. Esses riscos podem causar perda auditiva, distúrbios circulatórios, queimaduras, catarata, fadiga visual, etc.
- Riscos químicos: relacionados à exposição a substâncias tóxicas presentes no asfalto, na gasolina, no óleo diesel, no querosene, na nafta, entre outros. Esses riscos podem causar irritação nos olhos, na pele e nas vias respiratórias, alergias, asma, bronquite, câncer de pele e de pulmão, etc.
- Riscos de postura: relacionados à adoção de posturas incorretas ou inadequadas durante a execução das tarefas. Esses riscos podem causar dores nas costas, nos ombros, nos braços, nas pernas, nas articulações e nos músculos, além de lesões por esforços repetitivos (LER) e distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT).
- Riscos de levantamento e transporte manual de peso: relacionados ao manuseio de cargas pesadas sem o uso de equipamentos adequados ou sem o respeito aos limites ergonômicos. Esses riscos podem causar lesões na coluna vertebral, nas vértebras lombares, nos discos intervertebrais, nos músculos e nos tendões.
- Riscos de organização do trabalho: relacionados à forma como o trabalho é planejado e executado. Esses riscos podem causar estresse, fadiga física e mental, monotonia, repetitividade, pressão por produtividade e prazos, conflitos interpessoais (BARBOSA FILHO, 2019).

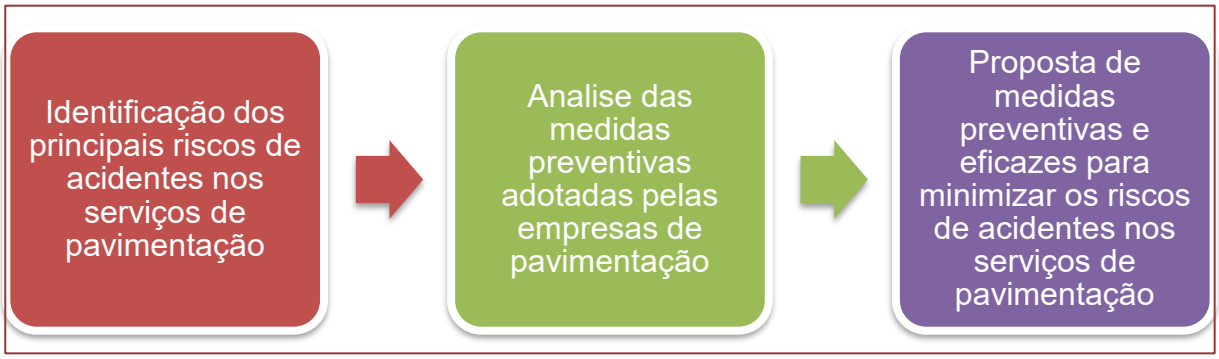
Portanto, para prevenir ou reduzir os riscos ergonômicos nos serviços de pavimentação é necessário adotar medidas de proteção coletiva e individual baseadas em uma análise prévia dos riscos existentes em cada etapa do trabalho. Essas medidas incluem: Capacitação dos trabalhadores sobre os riscos e as formas de prevenção; Fornecimento e uso adequado de equipamentos de proteção individual (EPIs) e coletiva (EPCs); Manutenção preventiva e corretiva das máquinas e equipamentos; Sinalização e isolamento das áreas de trabalho; Respeito às normas de segurança e saúde do trabalho; Promoção da saúde ocupacional dos trabalhadores.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Este estudo teve sua realização através de uma revisão bibliográfica tendo como base livros e artigos científicos encontrados em plataformas virtuais como Google Acadêmico, Scielo, e Biblioteca Online. Foram selecionados artigos publicados nos últimos quatro anos (2013 – 2023). Livros, teses, artigos e dissertações e as principais NRs, NR 6 – Equipamentos de Proteção Individual, NR 12 – Máquinas e Equipamentos; NR 17 – Ergonomia; NR 18 – Programa de Condições de Meio Ambiente de trabalho na Industria da Construção (PCMAT), que estabelecem procedimentos garantindo a segurança de todos os que executarão suas devidas funções.

Foram utilizadas as palavras: Riscos de acidentes. Pavimentação e Segurança do trabalho. O objetivo é identificar os riscos e medidas preventivas adotadas pelas empresas, além de propor medidas para melhorar as condições de trabalho e segurança. As seguintes etapas mostradas na Figura 1 foram necessárias para atingir o objetivo geral de analisar os riscos de acidentes nos trabalhos de pavimentação.

Figura 1. Fluxograma das etapas do Estudo



Fonte: Autoria própria (2023)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse tópico descrevemos os resultados da pesquisa realizada através de um estudo de revisão bibliográfica, de caráter exploratório com abordagem qualitativa. Realizou-se a busca de estudos em sites científicos em bases de dados Scielo, Google Acadêmico e Biblioteca Online entre os anos de 2013 a 2023.

Para a busca foram utilizados os descritores “riscos de acidente”, “pavimentação e segurança do trabalho”. O objetivo baseou-se em identificar os riscos e medidas preventivas adotadas pelas empresas responsáveis pela prestação de serviços de pavimentação, com propostas de medidas para melhoria de condições de trabalho e segurança.

4.1. PRINCIPAIS RISCOS DE ACIDENTES NOS SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO

Para realizar essa identificação, foi necessário realizar um levantamento bibliográfico, registrando os acidentes ocorridos e identificando os fatores que os provocaram. Nos riscos de acidentes segundo Pereira (2015), encontram-se os agentes decorrentes das situações adversas nos ambientes e nos processos de trabalho que

envolvem o arranjo físico, uso de equipamentos e ferramentas, uso de máquinas, organização, condições das vias de circulação, o método e a prática do trabalhador.

O risco ocupacional ´é considerado como sendo uma ou mais condições no trabalho como responsável pelos danos causados à saúde do trabalhador, esses riscos podem ser causados como sendo lesões a pessoas, danos a equipamentos ou estruturas, ou redução da capacidade de desempenho de um exercício profissional.

Em suas pesquisas Barbosa Filho (2017), classifica os fatores de riscos da seguinte maneira: Agente de lesão que envolve tudo que entra em contato com o trabalhador podendo causar um acidente; a condição insegura como as causas físicas que podem comprometer a segurança do trabalhador como equipamentos com defeito e condições inseguras do ambiente. Ato inseguro, ou seja, o comportamento inadequado do trabalhador que leva ao acidente por falta de comprometimento e não atendimento as normas e procedimentos de segurança.

Os riscos ergonômicos encontrados nos estudos realizados por Cardella (2017), em sua maioria originam-se de transtornos biomecânicos em virtude da postura inadequada do trabalhador durante a execução da atividade do trabalho, inclusive o trabalho estático, permanência na mesma postura, Figura 2 as vezes em pé, causando fadiga ao mesmo grupo muscular dos membros inferiores, por longo intervalo de tempo, esse posicionamento pode elevar o aumento da frequência cardíaca.

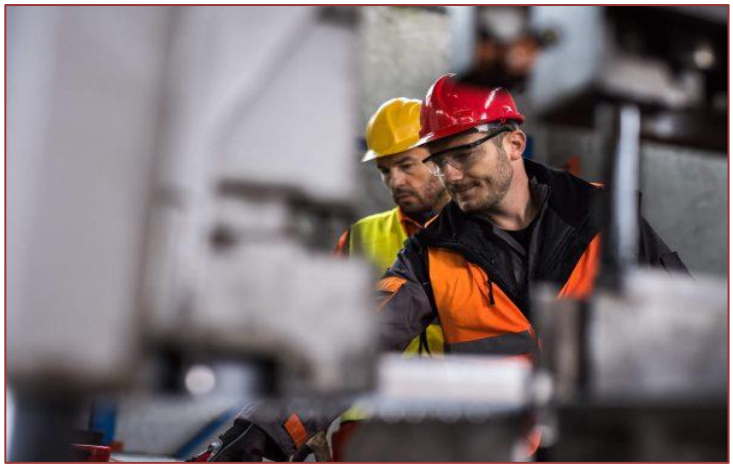
Figura 2 – Postura inadequada

Fonte: Bezerra (2015)

A Figura 2 apresenta a realização de atividades onde a postura se mostra inadequada e a ausência dos equipamentos de proteção também não são utilizados na maneira correta. Desse modo, o tipo de acidente que pode ocorrer nos serviços de pavimentação é aquele em que o contato da pessoa com o agente lesivo como batidas, quedas, imperícia, incapacidade e esforço excessivo do trabalhador. Nessa linha de pensamento Souto (2019), dividiu os riscos nesse serviço pelas funções dos trabalhadores.

Os achados desse estudo mostra que os riscos de acidentes dos trabalhadores da pavimentação envolvem os riscos físicos como pressão sonora, vibrações, e riscos ergonômicos causados por má postura, movimentos repetitivos Figura 3, ou ainda por acidentes como atropelamento causados por problemas mecânicos ou distração.

Figura 3 – Atividades realizadas por movimentos repetitivos



Fonte: Cardella (2017)

A Figura 3 apresenta atividades realizadas por funcionários com ênfase nos movimentos repetitivos que futuramente poderá acarretar danos a saúde. Evitar riscos ergonômicos é uma obrigação prevista na Norma Regulamentadora NR-17. Para que o ambiente de trabalho seja adequado, é necessário tomar uma série de medidas, que vão variar de acordo com o tipo de atividade realizada

4.2. ANALISE DAS MEDIDAS PREVENTIVAS ADOTADAS PELAS EMPRESAS DE PAVIMENTAÇÃO

Para análise, tornou-se necessário realizar um estudo exploratório em que as normas e procedimentos introduzidos pelas empresas são verificados e comparados com as normas regulamentadoras.

Segundo Ribas (2017), em se tratando de medidas preventivas adotadas pelas empresas de pavimentação para com a promoção e manutenção à saúde do trabalhador da área de pavimentação, os riscos ergonômicos são de grande proporção em função da desarmonia entre o trabalhador e seu ambiente de trabalho. Ribas (2017), refere-se a adaptação, conforto e segurança em uma atividade a ser realizada. Relacionadas ao ritmo de produção ao processo de trabalho, como a jornada diária de trabalho e instruções operacionais. Dentre os fatores que dizem respeito ao trabalhador é importante citar postura incorreta, levantamento e transporte de carga manual e tensão no trabalho. Esses fatores geram fadiga muscular, problemas de coluna e “stress” (FARIA, GRAEF, SANCHES, 2016).

Uma das falhas encontradas no decorrer do estudo é a utilização errada dos EPIs, assim como a não utilização desses equipamentos. A empresa deve fornecer e exigir o uso destes equipamentos, essa utilização deve ser verificada pelos encarregados de campo ou

responsáveis pela obra (SARAVEGO, 2016). Os EPIs devem seguir as exigências da NR-6, para que seja garantida a segurança dos funcionários, esses equipamentos também devem conter certificados de aprovação, onde garante o seguimento das normas na fabricação dos produtos

Os possíveis danos à saúde causados pelos agentes de riscos ergonômicos são lombalgias, desgastes físicos, estresses e problemas relacionados a coluna cervical e são gerados pelas posições, repetitividade e esforços provenientes dos serviços. As fontes de riscos de acidentes estão relacionadas com as movimentações das máquinas e equipamentos, que se agravam com a falta das áreas de circulação, máquinas sem sinalizações e com colorações inadequadas (LOPES, 2018). A falta de sinalização nos entornos da obra gera riscos de acidentes para os funcionários e para a população, podendo causar colisões e gerar fraturas, traumas e óbitos aos envolvidos.

Figura 4 – Palestra como medida preventiva

Fonte: Prefeitura de Manaus (2023)

A Figura 4, representa a realização de uma palestra sobre a importância da medida preventiva para evitar riscos de acidentes e problemas de saúde por não utilização dos EPIs, e da má postura quando da realização das atividades laborais na pavimentação.

Segundo Sarevego, Lima (2016), a especificidade da ergonomia permeia entre dois objetivos, na qual um está centrado na organização, podendo ser abordada sob diferentes aspectos: produtividade, qualidade, confiabilidade, eficiência; e o outro centrado nas pessoas e preocupa-se com a segurança, saúde, conforto, satisfação. Apesar do duplo objetivo, não é possível ignorar um deles na prática ergonômica, pois são interdependentes.

Alguns dos principais problemas decorrentes dos riscos ergonômicos nos serviços de pavimentação são as lesões musculoesqueléticas, as doenças respiratórias, os distúrbios auditivos e o estresse. Os riscos ergonômicos são aqueles que podem afetar as características psicofisiológicas dos trabalhadores, causando desconforto, fadiga, dor, lesão ou doença.

Os serviços de pavimentação são atividades que envolvem diversos riscos ergonômicos, tanto de natureza física, química, como de organização do trabalho. Esses

riscos podem comprometer a saúde e a segurança dos trabalhadores e a qualidade dos serviços prestados.

4.3. PROPOSTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS E EFICAZES PARA MINIMIZAR OS RISCOS DE ACIDENTES NOS SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO

Com base nessas informações, estabeleceu-se padrões de análise de risco com base nas normas regulamentadoras NR-6, NR-12, NR-15, NR-17 e NR-18 (BRASIL 2014). Com base na análise dessas normas, medidas preventivas e eficazes foram propostas para minimizar os riscos de acidentes durante as operações de pavimentação.

Foram apresentadas algumas recomendações sobre a criação de uma cartilha para disponibilizar aos trabalhadores relativa ao respeito as normas, adaptação a elas para a realização dos serviços em especial o de pavimentação. A elaboração das normas com maior emprego nos serviços e alguns cuidados adicionais para a prevenção de acidentes, mantendo a segurança do trabalhador. Por fim, foi produzido um relatório final contendo os resultados do estudo, sugestões de precauções e recomendações para facilitar a redução e prevenção de riscos ergonômicos.

O uso dos equipamentos de segurança evita o surgimento desses problemas de saúde, mostrando a indispensabilidade da utilização do mesmo. A utilização da ergonomia na maioria das vezes tem sido empregada como uma forma preventiva, buscando eliminar problemas iniciais nas diferentes atividades de trabalho. Sempre que possível, e particularmente, em relação ao levantamento e transporte de cargas, deve-se utilizar máquinas/equipamentos que facilitem o seu transporte. A Figura 5 apresenta o operário em potencial risco de acidente do trabalho.

Figura 5 – Postura de risco de acidente de trabalho

Fonte: Bezerra (2015)

Mediante esse contexto é importante pontuar que ao analisar os riscos de acidentes nos serviços de pavimentação por meio de uma revisão bibliográfica, propondo

medidas de segurança preventivas eficazes para prevenir esses acidentes., foi fundamental para atingir os objetivos propostos para o desenvolvimento desse estudo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Objetivo geral foi alcançado a partir da análise de riscos nos serviços de pavimentação através da literatura consultada com base nos estudos realizados por teóricos renomados que concluíram que existem vários riscos de acidentes e de desenvolvimento potencial de problemas ergonômicos em razão da postura inadequada do trabalhador, assim como a ausência em sua maioria do uso dos equipamentos de segurança.

Iniciando ainda a verificação dos resultados da pesquisa de acordo com o primeiro objetivo especifico o qual foi analisar os riscos de acidentes nos serviços de pavimentação por meio de uma revisão bibliográfica, propondo medidas de segurança preventivas eficazes para prevenir esses acidentes, o mesmo também foi alcançado.

Como parte da identificação dos principais riscos de acidentes nos serviços de pavimentação no que se refere ao objetivo especifico dois foi verificado que os serviços de pavimentação são atividades que envolvem diversos riscos ergonômicos, tanto de natureza física, química, como de organização do trabalho. Esses riscos podem comprometer a saúde e a segurança dos trabalhadores e a qualidade dos serviços prestados.

Com relação a análise das medidas preventivas adotadas pelas empresas de pavimentação como bem apresenta o objetivo especifico três a partir da apresentação de proposta de medidas preventivas e eficazes para minimizar os riscos de acidentes nos serviços de pavimentação.

Foram apresentadas algumas recomendações sobre a criação de uma cartilha para disponibilizar aos trabalhadores relativa ao respeito as normas, adaptação a elas para a realização dos serviços em especial o de pavimentação. A elaboração das normas com maior emprego nos serviços e alguns cuidados adicionais para a prevenção de acidentes, mantendo a segurança do trabalhador. Por fim, foi produzido um relatório final contendo os resultados do estudo, sugestões de precauções e recomendações para facilitar a redução e prevenção de riscos ergonômicos.

Diante dos fatos apresentados a hipótese de estudo foi confirmada a partir da pesquisa realizada, uma vez que os serviços de pavimentação apresentam vários riscos de acidentes como bem apresenta o objetivo especifico dois, em razão da postura inadequada do trabalhador, as vibrações a que são expostos, ruídos e exposição a agentes químicos, e o trabalho prolongado. Sob essa ótica foi percebido que nos estudos realizados pelos teóricos consultados, a maior causas de riscos de acidentes de trabalho é a falta de uso dos equipamentos pessoais e coletivos, e a postura inadequada.

Como proposta de sugestão é recomendado que seja realizada palestras sobre ergonomia, enfatizando alternância de postura para realizar o trabalho de forma dinâmica, a importância do uso dos equipamentos de proteção e variação das atividades operacionais para redução de gasto metabólico com o objetivo de possibilitar menor fadiga nos trabalhadores.

A elaboração de uma cartilha para orientação dos trabalhadores sobre a prevenção de risco de acidentes e doenças laborais é importante, a elaboração de folders para colocar

a disposição dos trabalhadores onde eles possam ter acesso todos os dias antes das atividades a serem executadas no canteiro de obra.

REFERÊNCIAS

[1] ARAUJO, Patrícia Moraes de; JÚNIOR, Luiz Rodrigues P. Domingues. **Segurança do Trabalho na Construção Civil: Medidas de Proteção em Canteiro de Obras**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, 8.ed., Vol. 11, pp. 68-80, agosto de 2022.

[2] BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: Materiais, projetos e restauração.** São Paulo, Oficina de Textos, 2007.

[3] BARBOSA FILHO, Antonio Nunes. **Segurança do Trabalho & Gestão Ambiental**. São Paulo: Atlas, 2019.

[4] BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica**: Formação Básica para Engenheiros. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ. 2017.

[5] BEZERRA, G., **Análise dos Riscos Ergonômicos e das doenças ocupacionais nos canteiros de obras** e formas de prevenção, Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR. 2015.

[6] BRASIL. **Ministério do Trabalho e Emprego.** Secretaria de Inspeção do Trabalho. NR-6: Equipamento de Proteção Individual - EPI. Disponível em: http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR6.pdf. Acesso em: 16 de abr. 2023.

[7] BRASIL. **Ministério do Trabalho e Emprego**. Secretaria de Inspeção do Trabalho. NR-12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Disponível em: http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12.pdf. Acesso em: 16 de abr. 2023.

[8] BRASIL. **Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Inspeção do Trabalho.** NR-15: Atividades e Operações Insalubres. Disponível em: http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15.pdf. Acesso em: 16 de abr. 2023.

[9] BRASIL. **Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Inspeção do Trabalho. NR-17**: Ergonomia. Disponível em: http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR17.pdf. Acesso em: 16 de abr. 2023.

[10] CARDELLA, Benedito **Segurança no Trabalho e Prevenção de Acidentes** – Uma Abordagem Holística. Editora Atlas - São Paulo, 2017, Cap. 6, Cap. 7 e Cap. 10..

[11] FARIA, A. F.; GRAEF, G.; SANCHES, J. C. **Segurança do trabalho na construção.** Bauru. Anais... Bauru: SIMPEP, 2016.

[12] FILHO, José Moacir de Mendonça; ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. **Estudo Comparativo entre Pavimentos Flexível e Rígido na Pavimentação Rodoviária**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 06, Vol. 02, pp. 146-163, Junho de 2018.

[13] GUIMARÃES, F. J. R. P. **Riscos para saúde dos trabalhadores de pavimentação com asfalto: as emissões tóxicas do asfalto.** Texto Técnico, 3ª Conferência Nacional da Saúde dos Trabalhadores. Brasília DF, 2018 Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/trabalhador/pdf/texto _pavimentacao_ruas.pdf. Acesso em 13 de abr. de 2023

[14] LOPES, J. L. **Riscos para a saúde de trabalhadores de pavimentação com asfalto**, InterfacEHS-Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 3, n. 3, 2018.

[15] PEREIRA, D. da S. **Estudo do comportamento de pavimentos** de concreto simples em condições de aderência entre placa de concreto e base cimentada ou asfáltica: Tese de doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo 2015

[16] RIBAS, Manoela Sêcco. **Riscos e agentes químicos na pavimentação com Cimento Asfáltico de Petróleo**. 2012. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do trabalho), Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2014.

[17] SAVEREGO, Simone; LIMA, Edson Roberto. **Tratado prático de Segurança e Saúde no Trabalho.** Volume 2. São Paulo; Yendis, 2016.

[18] SOUTO, Ícaro. **Dificuldades na implantação das normas de segurança e saúde no trabalho em uma obra de pavimentação e drenagem**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Capítulo 3

Manta líquida: solução eficaz para a impermeabilização de lajes de concreto na construção civil

José Arimatheia Silva de Lima

Resumo: Este estudo tem como objeto de investigação a impermeabilização por manta líquida em lajes de concreto aplicadas na construção civil. A Norma Regulamentadora (NBR) 12190 (ABNT, 1992) abordava a impermeabilização como a proteção às construções contra infiltração da água; com o surgimento da NBR 9575 (ABNT, 2003), a impermeabilização é definida como um conjunto de camadas e serviços aplicados à execução do preparo de superfícies e também de proteção primária e mecânica, conferindo às partes construtivas. Aplicação inadequada dos materiais, técnicas e práticas podem levar a falhas na impermeabilização com manta líquida. O objetivo geral deste trabalho é avaliar o uso de manta líquida em impermeabilização de superfícies, levantando informações técnicas dos produtos disponíveis no mercado local da cidade de Manaus-AM. A pesquisa é de natureza aplicada, do tipo exploratória, que adotou como procedimentos técnicos as pesquisas documental e de campo, com abordagem qualitativa. Os resultados trazem o levantamento das mantas líquidas mais utilizadas em três materiais de construção da Zona Oeste da cidade de Manaus-AM; a avaliação dos requisitos técnicos destes produtos com relação às Normas Regulamentadoras (NBRs 9574, 9575 e 15575-3) e ao manual técnico do fabricante; e a análise do uso das mantas líquidas para impermeabilização de superfícies, verificando as suas vantagens e desvantagens em relação ao caimento, à temperatura do ambiente, custos e tempo de aplicação e durabilidade.

Palavras-chave: Impermeabilização. Manta Líquida. Construção Civil

1. INTRODUÇÃO

A inovação no âmbito da construção civil busca eficiência, estética, segurança e tempo. A partir disso, surgiram novos processos de impermeabilização e junto com eles, alguns tipos de impermeabilizantes que aderiram a mesma finalidade para o suprimento das demandas construtivas. O ato de impermear é presente em todo o tipo de obra, pois esse tipo de proteção impede a passagem da umidade e os vapores, seja ela oriunda do solo, das chuvas ou de vazamento das tubulações.

Dentre os tipos de impermeabilizantes, está a manta líquida, cuja característica possui base acrílica para impermeabilizar ambientes com o objetivo de proteger as lajes e paredes contra infiltrações ocasionadas pelo sol e chuva. Seu uso tem sido cada vez mais pertinente nos processos de construção civil, isso porque garante a impermeabilização dessas superfícies. No entanto, sua aplicação não deve ocorrer em locais de grande fluxo de pessoas e é por essa razão que sua aplicabilidade é indicada para lajes e paredes e tratamento para trincos, fissuras e rachaduras.

Desse modo, o objetivo geral deste trabalho é avaliar o uso de manta líquida em impermeabilização de superfícies. Os objetivos específicos para nortear a pesquisa foram: (1) Levantar informações técnicas dos produtos disponíveis no mercado local; (II) Avaliar se informações técnicas dos produtos mais usados no mercado local está em conformidade com as normas regulamentadoras (NBRs 9574, 9575 e 15575-3); e (III) Analisar o uso de mantas líquidas para impermeabilização de superfícies.

Chuvas fortes, infiltrações e vazamentos podem causar sérios riscos aos imóveis. O excesso de água e umidade infiltradas nas estruturas causam transtornos, que vão desde manchas de bolor, bolhas na pintura, trincas e goteiras até o comprometimento total da edificação. A impermeabilização é para a construção civil, um sistema que evita a penetração da água nas estruturas de concreto e alvenaria, evitando prejuízos financeiros com retrabalhos e ações corretivas.

Sabendo da importância de se realizar um sistema de impermeabilização preventivo, este estudo é pertinente ao conhecimento do setor da construção civil e estudantes da área, pois a falta ou a aplicação incorreta de impermeabilizantes permite o surgimento de pontos de infiltrações e por essa razão é preciso observar que os sistemas de impermeabilização devem ser planejados e executados durante a obra. O estudo também contribui para a sociedade, tendo em vista a ampliação do conhecimento acerca deste tema, que ainda é muito escasso em relação à aplicação das mantas líquidas. A partir disso, a demonstração das vantagens e desvantagens da aplicação dos tipos de mantas líquidas destinadas à impermeabilização de trincos, fissuras e rachaduras também são relevantes para o completo entendimento aqui proposto.

Este trabalho está estruturado em três tópicos, os quais abrangerão a impermeabilização na construção civil; os tipos de membranas acrílicas aplicadas em superfícies; e a membrana acrílica (manta líquida) em impermeabilização de lajes de concreto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. IMPERMEABILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Esta seção aborda o sistema de impermeabilização na construção civil, o qual deve, de acordo com o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI) ser feito um projeto

específico, detalhando os produtos e as técnicas de aplicação. O ideal é que a impermeabilização seja feita durante a obra, antes do acabamento.

Em uma construção, esse sistema evita que a água penetre nas estruturas, gerando patologias como corrosão, e florescência, descolamentos, mofo, bolor e infiltrações. Isso pode afetar drasticamente o desempenho e as condições de uso de uma edificação (SINDUSCON, 2018).

Quando a impermeabilização é feita de forma adequada, ou não for realizada, os danos podem ser desde uma parede com tinta descascando, infiltrações nos tetos, até a corrosão das armações, comprometendo as estruturas de concreto armado. Dessa forma, é necessário que haja um bom planejamento e uma boa execução para fins de economia, pois os custos com a impermeabilização em uma obra residencial, por exemplo, variam em torno de 1 a 3% do orçamento total.

Enquanto, para corrigir um problema devido à umidade no caso de impermeabilização corretiva, gasta-se de 10 a 15% do custo total da obra, já que geralmente estão envolvidos quebras e retrabalhos (EDICASE, 2017). É importante frisar, que a aplicação do sistema de impermeabilização deve ser realizada por um profissional habilitado pelo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA).

Deve-se sempre obedecer ao detalhamento do projeto de impermeabilização, estudando os possíveis problemas durante o decorrer da obra. Verificar se a preparação da estrutura pode receber a impermeabilização está sendo bem executada, se o material aplicado está dentro das especificações no que diz respeito a qualidade, características técnicas, espessuras, consumo, tempo de secagem, sobreposição, arremates, testes de estanqueidade, método de aplicação e outros (RIGHI, 2009).

A Norma Brasileira – NBR 9575 (2003) diz que o projeto deve ser seguido na íntegra pelo executante da obra e no fechamento da contratação, deve ser fornecida uma planilha com a quantidade dos serviços a serem realizados e com a forma de medição dos serviços. Assim, para que a impermeabilização seja iniciada é necessário que o projeto tenha sido entregue ao responsável pela obra e que esta por sua vez, esteja com o local onde será executada a impermeabilização liberado para início dos serviços.

Existem três fases do processo de impermeabilização, conforme explanado por Freire (2007): a fase de preparo da superfície e regularização (fase 1); a fase de impermeabilização (fase 2) e; a fase de sistemas auxiliares e complementares (fase 3). Na primeira fase, ocorre a limpeza geral e a regularização sendo a declividade maior que 1% de acordo com a NBR 9574. Na segunda fase, a impermeabilização deve ocorrer de acordo com o projeto, em caso de elementos de ligação entre o substrato e a manta, que é a imprimação asfáltica e, por fim, o teste de estanqueidade por 72 horas, comprovando a eficiência, após este período, é observada a ocorrência de sinais de infiltração. Na terceira fase, são vistos os sistemas auxiliares que podem ser referentes às camadas, às proteções e ao tratamento de juntas.

Utilizando estas fases, qualquer parte de uma obra destinada a receber uma impermeabilização deve atender aos cuidados especiais para o seu sucesso, pois a preparação da superfície é muito importante para o êxito da impermeabilização. Nos últimos anos, o mercado de construção civil tem apresentado novos sistemas de impermeabilização que demonstram vantagens em relação aos já existentes, principalmente em relação à resistência da água, flexibilidade e fácil manuseio (DIAS, 2014).

A NBR 9575, classifica os tipos de impermeabilização segundo o material constituinte principal da camada impermeável, sendo: cimentícios, asfálticos e poliméricos. Não é a intenção desta pesquisa abordar exaustivamente cada um desses materiais constituintes, mas apenas um em específico, a membrana acrílica para impermeabilização (manta líquida), parte constituinte do material polimérico e que será abordada na seção seguinte.

2.2. TIPOS DE MANTA

Para melhor entendimento, a seguir são descritos os diversos tipos de sistemas de impermeabilização que podem ser empregados na execução da obra e suas aplicações. É válido mencionar que tipagens de mantas estão associadas à aderência ao substrato e são classificados como Aderido, Semi-aderido e Flutuante (NBR 9575).

Conforme estabelece a NBR 9575, a impermeabilização rígida é denominada como o conjunto de materiais ou produtos aplicáveis nas partes construtivas não sujeita à fissuração. Dentro deste conjunto está:

- Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo: são aditivos impermeabilizantes que reagem com o cimento durante o processo de hidratação, compostos de sais metálicos e silicatos.
- Cristalizantes: base de cimentos especiais e aditivos minerais, que possuem a propriedade de penetração osmótica nos capilares da estrutura; existem cristalizantes líquidos à base de silicatos e resinas; e cimentos cristalizantes.
- Cimento impermeabilizante de pega ultra-rápida: solução aquosa de silicato modificado e quando misturado com a água e o cimento, é transformado em hidrosilicato, um cristal solúvel em água que preenche os poros da argamassa.
- Argamassa polimérica: materiais compostos por cimentos especiais e látex de polímeros aplicados sob a forma de pintura sobre o substrato.

A impermeabilização flexível constitui do conjunto de materiais ou produtos aplicáveis nas construções sujeitas à fissuração e podem ser de dois tipos, moldadas no local e chamadas de membranas ou pré-fabricadas e chamadas de mantas (RIGHI, 2009).

- Membrana de polímero modificado com cimento: produto flexível indicado para impermeabilização de torres de água e reservatórios de águas potáveis elevados ou apoiados em estrutura de concreto armado; sistema com base de resinas termoplásticas e cimento aditivado.
- Membranas asfálticas: usam como materiais impermeabilizantes produtos derivados do cimento asfáltico de petróleo, podendo ser aplicados a frio em forma de pintura, com trincha, rolo ou escova.
- Membrana acrílica: impermeabilizante à base de resinas acrílicas dispersas, indicadas para impermeabilizar de forma exposta lajes de cobertura, marquises, telhados, pré-fabricados e outros.
- Mantas asfálticas: são feitas à base de asfaltos modificados com polímeros e armados com estruturantes especiais.
- Manta de PVC: compostas por duas lâminas de PVC, com espessura final variável entre 1,2mm a 1,5mm, trançada por uma tela de poliéster.

Estas informações dos sistemas de impermeabilização rígido e flexível estão contidas nas NBRs 9574 e 9575, as quais determinam que antes da execução do processo de impermeabilização cuidados devem ser tomados para a não ocorrência de vazamentos posteriores.

2.3. MANTA LÍQUIDA EM IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJES DE CONCRETO

A membrana impermeabilizante acrílica, como já visto, são um tipo de sistema impermeabilizante comumente conhecida como manta líquida. Essas mantas líquidas são fabricadas com emulsão acrílicas e utilizadas em reformas devido a sua facilidade para aplicação. O processo de impermeabilização em lajes de concreto será descrito durante esta seção.

O processo de aplicação da manta líquida em impermeabilização de lajes de concreto ocorre quando colocado junto à água e posteriormente aplicado em várias demãos, as quais são intercaladas por estruturante. Essas demãos, normalmente são especificadas no Manual do Fabricante da marca que está sendo usada.

Entretanto, a manta líquida não oferece uma resistência mecânica e por essa razão, não deve ser instalada em um local que possui passagem de pessoas. Outro ponto que merece destaque é a existência de uma inclinação mínima na superfície para que a água não fique acumulada em cima da própria manta líquida, pois o risco de retornar a ser uma emulsão é grande e desta maneira, pode danificar o sistema impermeabilizante (TRENTO, 2021).

A Norma Regulamentadora 13321 de 2008, diz que a manta líquida é um impermeabilizante moldado a frio, resultando em uma membrana impermeável de cor branca, que reflete raios solares, é elástica e possui alta resistência a intempéries. De acordo com a NBR 13321, a manta líquida deve ser usada em locais em que a intempéries fica exposto, mas que haja limitação do trânsito para manutenção eventual, como por exemplo: lajes, calhas de concreto, abóbodas, marquises, sheds e pinturas de parede sujeitas a ação da chuva.

Na figura 1, é possível ver a aplicação da manta líquida em lajes de concreto.

Figura 1 – Aplicação da membrana acrílica

Fonte: FABER, 2023.

Há no mercado muitos exemplos de mantas líquidas, do tipo branca, cinza e vermelha, dos fabricantes Vedacit, Icooper, Quartzolit, dentre outras marcas, prontas para uso, cuja base é de resina acrílica pura, isenta de estireno, que oferecem alta elasticidade, flexibilidade e resistência a intempéries, além de possuir também propriedades protetivas de raios solares, proporcionando maior conforto térmico nas áreas internas.

Características e marcas específicas serão abordadas na seção seguinte, a partir da realização de uma pesquisa de campo em três materiais de construção da Zona Oeste da cidade de Manaus-AM, de modo a elucidar o preparo do material e aplicação.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta seção apresenta os caminhos a serem traçados e trilhados no processo da pesquisa. Logo, apresentam-se o cenário por onde e com quem se caminha, assim como o que é preciso para trilhar este caminho. Isso significa reportar-se aos processos metodológicos, incluindo suas técnicas e os métodos adotados no processo da pesquisa.

Diante da diversidade de métodos, alguns autores costumam classificá-los em gerais, também denominados de abordagem, e em específicos, denominados discretos ou de procedimento (PRODANOV E FREITAS, 2013).

A seguir serão expostos o método de abordagem, a pesquisa quanto aos fins e seus procedimentos técnicos, as técnicas e instrumentos de coleta de dados, o tipo de abordagem do objeto de estudo, os sujeitos, universo e amostra da pesquisa, o local da pesquisa e as técnicas de análise de dados.

Trata-se de uma pesquisa de campo aplicada, com abordagem qualitativa e exploratória. Em metodologia qualitativa, são recorridos aos recursos da revisão bibliográfica, diário de campo e observações que possam atender aos objetivos da pesquisa.

A metodologia foi dividida em três fases: (1) Levantar informações técnicas dos produtos disponíveis no mercado local; (II) Avaliar se informações técnicas dos produtos mais usados no mercado local está em conformidade com a norma; e (III) Analisar o uso de mantas líquidas para impermeabilização de superfícies. (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma das etapas da pesquisa

Fonte: Autoria própria (2022)

3.1. LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES TÉCNICAS DOS PRODUTOS DO MERCADO LOCAL

Nesta etapa, as informações técnicas dos produtos disponíveis no mercado local foram feitas através de pesquisa de campo. O campo explorado, foi a ida em 3 (três) materiais de construção localizados na Zona Oeste da cidade de Manaus-AM.

A escolha destas 3 lojas de materiais de construção, se deu primeiramente por serem as mais conhecidas da Zona Oeste; e consequentemente ser a Zona de moradia do autor da pesquisa, o que facilitou o deslocamento ao campo.

Durante as visitas, foram identificados os produtos mais utilizados, verificando se informações disponíveis no rótulo, cartaz e site dos fabricantes possuem manual para embasamento técnico de aplicação, riscos, composição, recomendações do produto, além do representante do produto existente na loja ou na região.

3.2. AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DOS PRODUTOS COM A NORMA

A avaliação das informações técnicas dos produtos mais utilizados no mercado local se dará a partir da análise e interpretação das NBRs 9574, 9575 e 15575-3, identificando os seus requisitos pelo manual técnico do fabricante, das marcas coletadas em campo.

A NBR 9574 estabelece as exigências e recomendações relativas à execução de impermeabilização para que sejam atendidas as condições mínimas de proteção da construção contra a passagem de fluidos, bem como a salubridade, segurança e conforto do usuário, de forma a ser garantida a estanqueidade das partes.

A NBR 9575 estabelece as exigências e recomendações relativas à seleção e projeto de impermeabilização, para que sejam atendidos os requisitos mínimos de proteção da construção contra a passagem de fluidos, bem como os requisitos de salubridade, segurança e conforto do usuário, de forma a ser garantida a estanqueidade das partes construtivas que a requeiram.

A NBR 15575 estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis às edificações habitacionais, como um todo integrado, bem como a serem avaliados de forma isolada para um ou mais sistemas específicos.

3.3. ANÁLISE DO USO DE MANTA LÍQUIDAS PARA IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE

A análise do uso de mantas líquidas para impermeabilização de superfícies, se deu pela a aplicação de um questionário, o qual foi disponibilizado por clientes que compraram as membranas acrílicas, durante o período de 7 dias nas respectivas lojas visitadas O questionário conteve perguntas abertas que incluíam: qual o produto que os clientes mais compram; por que compraram este produto e onde pretenderam aplicá-lo.

A intenção destas perguntas foi avaliar o entendimento dos usuários quanto a aplicação do produto. O questionário foi disponibilizado nas 3 lojas de material de construção, onde um vendedor no momento do fechamento da venda de membrana acrílica, solicitava ao cliente, para responder a pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES TÉCNICAS DOS PRODUTOS DO MERCADO LOCAL.

Esta etapa consistiu no levantamento das informações técnicas dos produtos do mercado local realizadas em campo. Os resultados apresentam o levantamento dos produtos em 3 (três) materiais de construção localizados na Zona Oeste da cidade de Manaus-AM. Nestas visitas, através das tabelas, foram identificados os produtos mais utilizados e se as informações disponíveis no rótulo, cartaz e site dos fabricantes possuem manual para embasamento técnico de aplicação, riscos, composição, e recomendações do produto.

A tabela 1 traz as informações técnicas dos produtos da loja de material de construção HOME CENTER COCIL.

Tabela 1. Informações técnicas dos produtos da HOME CENTER COCIL.

Levantamento das informações técnicas dos produtos do mercado local								
LOJA	HOME CENTER COCIL							
ENDEREÇO	Rua Pará, 66 - São Geraldo, Manaus - AM, 69053-070							
A MANTA LIQUIDA MAIS VENDIDA NA LOJA								
Itens	Produto Marca	Informações no rotulo (S ou N)	Cartaz (S ou N)	Site das marcas	Manual de Aplicação (S ou N)	Risco do produto (S ou N)	Técnico na loja ou região	Contato técnico (S ou N)
01	Manta líquida branca – quartzolit.	S	N	https://www.quartzolit.we	S	S	Manaus	S
02	Manta liquida branca – Vedact.	S	N	https://www.vedacit.com.br	S	S	Manaus	S
03	Manta liquida branca – Viapol.	S	N	https://www.viapol.com.br	S	S	Manaus	S
04	Manta liquida branca – Suvinil.	S	N	https://www.suvinil.com.br	S	S	Manaus	S

Fonte: Autoria própria (2023).

Conforme exposto na tabela acima, foram identificadas quatro marcas de membrana acrílica (manta líquida) branca: Quartzolit; Vedact; Viapol e Suvinil. Todas as informações de aplicação estavam contidas no rótulo. No entanto, as marcas não apresentaram nenhum tipo de informação de aplicação nos seus cartazes. Informações como manual de aplicação, risco do produto, técnico representante das respectivas marcas, estavam todas em conformidade. A loja também disponibilizou um número de contato aos clientes, em caso de necessidade de informações técnicas a respeito da marca com o representante.

A tabela 2, traz as informações dos produtos mais vendidos na loja CASA GURGEL.

Tabela 2. Informações técnicas dos produtos da CASA GURGEL.

Levantamento das informações técnicas dos produtos do mercado local								
LOJA	Casa Gurgel							
ENDEREÇO	R. Prof. Abílio Alencar, 445 - Alvorada, Manaus - AM, 69042-010							
A MANTA LIQUIDA MAIS VENDIDA NA LOJA								
Itens	Produto Marca	Informações no rotulo (S ou N)	Cartaz (S ou N)	Site das marcas	Manual de Aplicação (S ou N)	Risco do produto (S ou N)	Técnico na loja ou região	Contato técnico (S ou N)
01	Manta liquida branca = **Vedasim**	S	N	https://flexgo.com.br/produtos/vedasim-parede/	S	S	Manaus	S
02	Manta liquida branca = **Vedact.**	S	N	https://www.vedacit.com.br	S	S	Manaus	S
03	Manta liquida branca – **Viapol.**	S	N	https://www.viapol.com.br	S	S	Manaus	S
04	Manta líquida branca – **quartzolit.**	S	N	https://www.quartzolit.we	S	S	Manaus	S

Fonte: Autoria própria (2023).

Neste material de construção, a tabela acima mostra que as membranas mais vendidas são: Vedasim, Vedact, Viapol e Quartzolit. Tal qual o outro material de construção analisado, os cartazes não continham informações sobre a aplicação do produto. Todas as marcas continham informações no rótulo, manual de aplicação e descrição do risco do produto, bem como a disponibilidade do contato de um técnico representante respectivo da marca.

Por último, na tabela 3 traz-se informações do material de construção JLN.

Tabela 3. Informações técnicas dos produtos da JLN MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO.

Levantamento das informações técnicas dos produtos do mercado local								
LOJA	JLN Material de Construção							
ENDEREÇO	Av. Brasil, 1157 - Cj - Conj. Parque Aruanã, Manaus - AM, 69036-110							
A MANTA LIQUIDA MAIS VENDIDA NA LOJA								
Itens	Produto Marca	Informações no rotulo (S ou N)	Cartaz (S ou N)	Site das marcas	Manual de Aplicação (S ou N)	Risco do produto (S ou N)	Técnico na loja ou região	Contato técnico (S ou N)
01	Manta líquida branca – **quartzolit.**	S	N	https://www.quartzolit.we	S	S	Manaus	S
02	Manta liquida branca = **Vedact.**	S	N	https://www.vedacit.com.br	S	S	Manaus	S
03	Manta liquida branca – **Suvinil.**	S	N	https://www.suvinil.com.br	S	S	Manaus	S
04	Manta liquida branca = **Vedasim**	S	N	https://flexgo.com.br/produtos/vedasim-parede/	S	S	Manaus	S

Fonte: Autoria própria (2023).

Conforme exposto na tabela 3, as marcas de membranas mais vendidas no material de construção JLN são: Quartzolit, Vedact, Suvinil e Vedasim. Também não houve demonstração de informações técnicas de aplicação no cartaz dos produtos. Mas,

continham informações de aplicação no rótulo, manual de aplicação, mencionando o risco do produto e a disponibilidade de um técnico representante da marca com seu respectivo contato na loja.

Pode-se observar através destes resultados que as marcas de membranas acrílicas (mantas líquidas) basicamente não variam, apenas as marcas Suvinil e Viapol não estavam entre as mais vendidas em 1 (um) dos materiais de construção analisados. A questão das informações em cartaz na loja sobre a aplicação do produto também não foi vista em nenhuma das unidades de material de construção analisadas. No entanto, é pertinente ressaltar a conformidade das informações técnicas de aplicação do produto em todas as marcas, as quais disponibilizam no próprio rótulo da embalagem, no site e dispõem de um manual de aplicação específico. Além disso, também possuem um técnico representante de cada marca, disponível aos clientes que desejarem um contato para retirada de dúvidas e demais informações pertinentes do produto.

4.2. AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DOS PRODUTOS COM A NORMA.

Nesta etapa os produtos passaram por uma avaliação de conformidade com as Normas Regulamentadoras, conforme os respectivos manuais de fabricante. Em primeira análise, os produtos devem apresentar as NBRs 9574, 9575 e 15575-3 em sua descrição, parâmetro este, escolhido pelo autor da pesquisa como fator norteador de informação técnica sobre impermeabilização com membranas acrílicas.

A tabela 4, exibe os resultados, a partir das marcas coletadas na pesquisa em campo.

Tabela 4. Conformidade dos produtos com as NBRs 9574, 9575 e 15575-3

Marca da Manta Líquida	NBRs	Descrição
Quartzolit	NBR 14725-2	Segurança na Utilização de Produtos Químicos no Trabalho
Viapol	NBR 13321	Membrana acrílica para impermeabilização
	NBR 9575	Impermeabilização – Sistemas e Projetos
	NBR 9574	Execução de Impermeabilização
Vedacit	NBR 15575	É considerado manutenível, de acordo com a ABNT NBR 15575 - Edificações habitacionais – Desempenho. Em caso de áreas expostas, sem assentamento cerâmico, a manutenção deve ser prevista, no máximo, a cada 3 anos para renovar a sua superfície, prolongar a durabilidade da impermeabilização e consequentemente a vida útil da edificação
	NBR 5674	Verificar sinais de infiltração ou falhas de impermeabilização exposta, de acordo com a ABNT NBR 5674 – Manutenção de edificações – Requisitos mínimos para sistema de gestão de manutenção.
Suvinil	NBR 13321	Este produto atende aos seguintes requisitos da NBR 13321: tração, alongamento, ruptura e absorção de água, tanto antes como após envelhecimento acelerado. Os ensaios foram conduzidos internamente, conforme os métodos indicados na norma.
	NBR 13245	A superfície deve estar firme, coesa, limpa, seca, sem poeira, gordura ou graxa, sabão ou mofo. As partes soltas e/ou mal aderidas deverão ser raspadas e/ou escovadas. O brilho deve ser eliminado ao lixar

Fonte: Autoria própria (2023)

Conforme exposto na tabela acima, dentre as marcas de manta líquida que atendem às NBRs estabelecidas em primeira análise, apenas as Viapol e a Vedacit estão em conformidade. A Viapol atende duas normas (NBRs 9574 e 9575) e a Vedacit apenas uma norma (NBR 15575).

A NBR 9574 estabelece as exigências e recomendações relativas à execução de impermeabilização para que sejam atendidas as condições mínimas de proteção da construção contra a passagem de fluidos, bem como a salubridade, segurança e conforto do usuário, de forma a ser garantida a estanqueidade das partes.

A NBR 9575 estabelece as exigências e recomendações relativas à seleção e projeto de impermeabilização, para que sejam atendidos os requisitos mínimos de proteção da construção contra a passagem de fluidos, bem como os requisitos de salubridade, segurança e conforto do usuário, de forma a ser garantida a estanqueidade das partes construtivas que a requeiram.

A NBR 15575 estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis às edificações habitacionais, como um todo integrado, bem como a serem avaliados de forma isolada para um ou mais sistemas específicos.

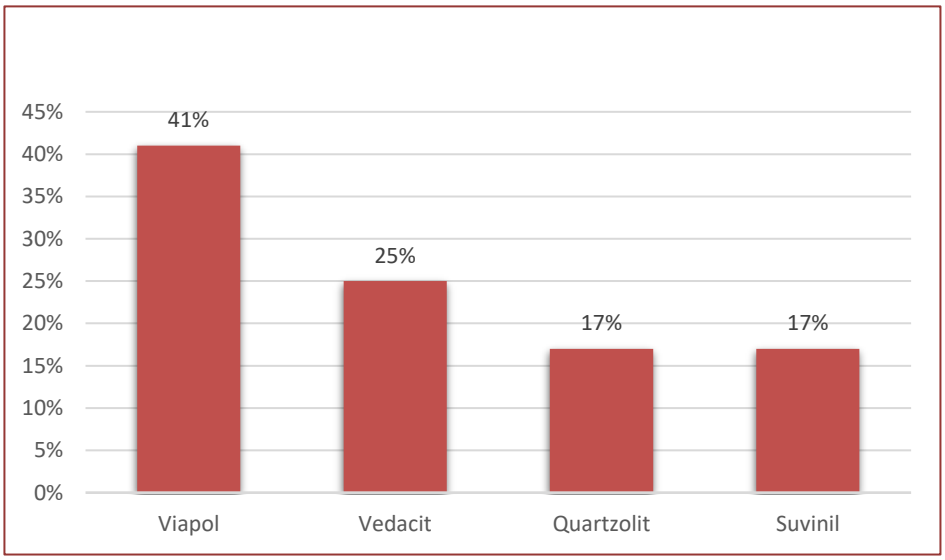
A NBR 13321, vistas nas marcas Viapol e Suvinil, fixa os requisitos mínimos exigíveis para membrana acrílica monocomponente à base de polímeros acrílicos termoplásticos em dispersão aquosa. A marca Suvinil também apresenta a NBR 13245 que trata a execução de pinturas em edificações não industriais, aplicadas aos diversos substratos, indicando os sistemas. Por último, a Quartzolit menciona a NBR 14725-2 em seus manuais, tratando especificamente da segurança, saúde e meio ambiente, a quem fará o uso da membrana acrílica desta marca.

4.3. ANÁLISE DO USO DAS MANTAS LÍQUIDAS PARA IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES.

A análise do uso de mantas líquidas para impermeabilização de superfícies, se deu pela a aplicação de um questionário, o qual foi disponibilizado por clientes que compraram as membranas acrílicas, durante o período de 7 dias nas respectivas lojas visitadas. O questionário foi respondido por 12 participantes, os quais responderam qual marca de membrana acrílica compraram; aonde aplicaram e qual o material de aplicação utilizaram.

O gráfico 1, apresenta os resultados obtidos para saber qual a marca de membrana acrílica, os clientes mais compram nas 3 lojas de material de construção analisadas.

Gráfico 1 – Marca de Manta Líquida Consumida

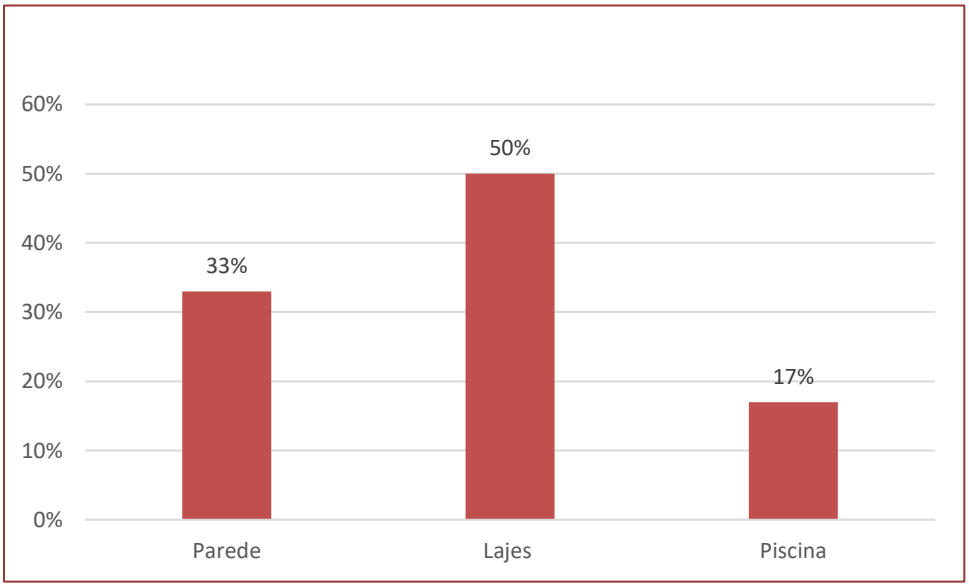


Fonte: Autoria Própria (2023).

Conforme aponta o gráfico, a marca de membrana acrílica (manta líquida) mais consumida pelos participantes desta pesquisa, foi a Viapol com 41%. Em seguida, 25% dos consumidores disseram utilizar a marca Vedacit. As marcas Quartzolit e Suvinil, foram as menos utilizadas por 17% dos respondentes.

Cabe mencionar que os resultados para o uso das marcas de membranas acrílicas mais utilizadas, como a Vedacit e a Viapol, foram compradas pelos consumidores para impermeabilizar paredes e lajes, o gráfico 2 traz estes resultados.

Gráfico 2 – Aplicação

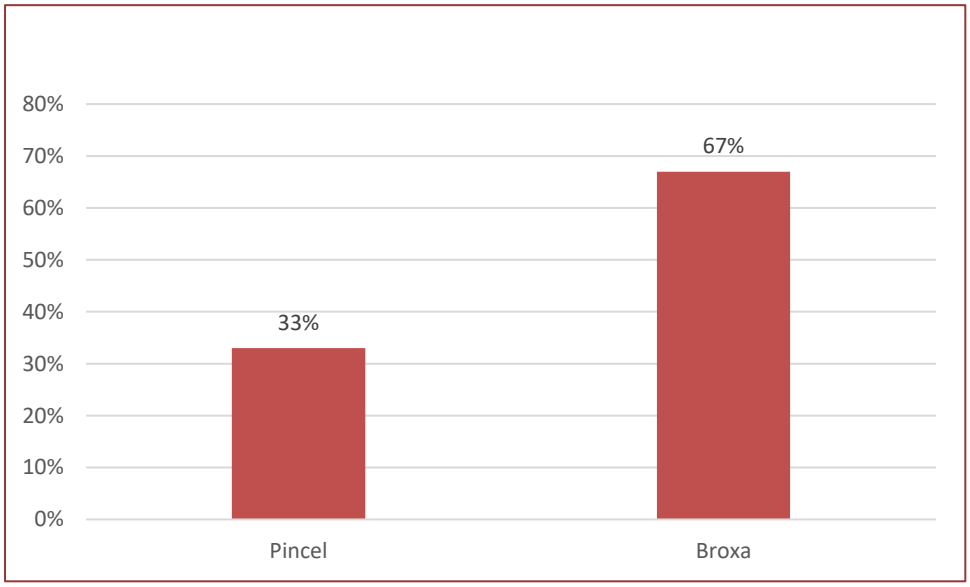


Fonte: Autoria Própria (2023)

Conforme exposto no gráfico 2, os consumidores relataram que utilizam a membrana acrílica para impermeabilizar principalmente lajes (50%) e paredes (33%). Apenas 17% dos consumidores, mencionaram utilizar a manta líquida para impermeabilizar piscina. No entanto, é válido mencionar que esta minoria, ao utilizar a manta líquida para impermeabilizar piscinas, usam propriamente na impermeabilização nas paredes e no piso das piscinas.

Após responderem como onde aplicariam a manta líquida, os participantes da pesquisa também responderam como seria feita essa aplicação, isto é, com qual instrumento seria realizada a impermeabilização com a manta líquida. O gráfico 3 exibe estes resultados.

Gráfico 3 – Material de Aplicação



Fonte: Autoria Própria (2023).

De acordo com o gráfico 3, os participantes disseram que utilizariam a broxa (67%) como instrumento de aplicação da manta líquida. Outros 33% afirmaram utilizar o pincel durante a aplicação para impermeabilizar paredes e lajes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho objetivou a avaliação do uso da manta líquida em impermeabilização de superfícies. Através de uma pesquisa de campo realizada em 3 lojas de materiais de construção da Zona Oeste da Cidade de Manaus, os resultados obtidos demonstraram que os consumidores utilizam a manta líquida para impermeabilizar paredes e lajes, com o uso de broxa.

O levantamento de informações técnicas dos produtos disponíveis no mercado local, também foi feito nas 3 lojas de materiais de construção. Os resultados mostram que os consumidores utilizam mais as seguintes marcas de manta líquida: Viapol (41%), Vedacit (25%), Quartzolit e Suvinil (17%).

Quanto às informações técnicas destes produtos, dentre as marcas de manta líquida que atendem às NBRs estabelecidas em primeira análise, apenas a Viapol e a Vedacit estão em conformidade. A Viapol atende duas normas (NBRs 9574 e 9575) e a Vedacit apenas uma norma (NBR 15575).

Respondendo à questão central deste estudo, as membranas acrílicas são destinadas a trincos, fissuras e rachaduras, e comumente aplicadas em impermeabilização de lajes e paredes. As membranas acrílicas analisadas são de cor branca, o que dispõe da vantagem de refletir raios solares, além da sua elasticidade e grande resistência a intempéries. Quando as membranas acrílicas refletem os raios solares, principalmente a da Viapol, que foi a mais utilizada pelos consumidores, proporciona um maior conforto térmico para as áreas internas.

No que diz respeito às medidas mitigadoras para se evitar falhas na aplicação, recomenda-se primeiramente que as membranas acrílicas (mantas líquidas) sejam misturadas com água e depois, aplicar em várias demãos, de forma intercalada por estruturante. Além disso, a membrana acrílica não oferece resistência mecânica, e por essa razão, não deve ser instalada em um local que possui passagem de pessoas. Outro ponto que deve ser destacado, é que deve ser feita uma inclinação mínima na superfície para que a água não se acumule em cima da membrana acrílica, pois corre o risco de ela virar novamente uma emulsão e por sua vez, danificar o sistema impermeabilizante.

Conclui-se, portanto, que a membrana acrílica é um produto extremamente necessário para o sistema de impermeabilização de paredes e lajes, e deve ser prevista em projeto por profissional capacitado e bem executada com mão de obra especializada. Futuros problemas como a má aplicação e eventos naturais decorrentes da água e umidade, geram custos maiores para os usuários da construção, além de prejuízos para o construtor tanto em fase de obra, quando após a sua conclusão. Existem poucos estudos sobre impermeabilizante acrílicos recomendo, mas estudos devido ao grande crescimento do uso do material com isso terá menos erros na aplicação do produto como acontece pela falta de conhecimento.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575-3 Edificações habitacionais — Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

[2] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9574 Execução de impermeabilização. Rio de Janeiro, 2008.

[3] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9575 Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.

[4] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9952 Manta asfáltica para impermeabilização. Rio de Janeiro, 2014.

[5] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14.931: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro,2004.

[6] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14860-1: Laje préfabricada-Pré-laje-Requisitos. Rio de Janeiro,2002.

[7] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR13321: Membrana acrílica para impermeabilização. de 07/2008.

[8] EDICASE. Manual do Construtor Etapas da Construção Ed. 9 - Alvenaria Estrutural. 2023.

[9] FABER. Disponível em: http://www.fabertecnologia.com.br/ Acesso em 08 de maio de 2023.

[10] FREIRE, Mônica Athayde. Métodos executivos de impermeabilização de um empreendimento comercial de grande porte. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2007.

[11] RIGHI, Geovane Venturini. Estudo dos Sistemas de Impermeabilização: Patologias, Prevenções e Correções: Analise de Casos. Universidade de Santa Maria, RS, 2009.

[12] SANTOS, Gabriel Abrantes Dos. Comparativo De Viabilidade Entre Manta Asfáltica Aluminizada E Manta Líquida. Faculdade UNICAMPS, 2021.

[13] SINDUSCON. Sistemas de Impermeabilização para lajes. Disponível em: < https://unipratica.blob.core.windows.net/unipratica/Arquivo IntroduoaoSistemadeImpermeabilizantesparaLajes%20-%2048-043018.pdf> Acesso em 08 de maio de 2023.

[14] Vedacitl manual do fabricante disponivel em: https://www.vedacit.com.br/para-voce/produtos-e-solucoes/impermeabilizantes/vedacit-vedapren-branco.html#description Acesso em 10 de maio de 2023.

[15] Viapol manual do fabricante disponivel em HTTPS://WWW.VIAPOL.COM.BR/MEDIA/556847/FT-VEDALAGE-BRANCO-31-05-2021.PDF] Acesso em 11 de maio de 2023.

[16] Quartizolit manual do fabricante disponivel em https://www.quartzolit.weber/impermeabilizantes-quartzolit/impermeabilizantes-para-lajes-e-telhados/impermeabilizante-manta-liquida-branca-quartzolit, Acesso em 11 de maio de 2023.

[17] Suvinil manual do fabricante disponivel em https://www.suvinil.com.br/produtos/suvinil-manta-liquida Acesso em 11 de maio de 2023.

[18] Sikafill manual do fabricante disponivel em https://www.sikafill.com.br/wp-content/uploads/2020/06/Ficha-T%C3%A9cnica-SikaFill-R%C3%A1pido-1.pdf Acesso em 11 de maio de 2023.

[19] SILVA, Washington Miranda da. Sistemas de impermeabilização. IV Coló quio de Pesquisa Multidisciplinar, II Congresso Nacional de pesquisa multidisciplinar, 2019. Disponível em http://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/coloquio/article/view/847/834 Acesso em 11 de maio de 2023.

[20] DIAS, B. Estruturas e coberturas com membranas de silicone. n. 1, p. 15, 2014.

[21] OURIVES, Claudio Neves; BILESKY, Pedro Carlos; YOKOYAMA, Celina Miki; PIRES, Heloisa Bolorino. Avaliação dos sistemas de impermeabilização por Cristalização capilar do concreto. Revista concreto e construções. Ano XXXVII. p. 24-3,2009. Disponível em: http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_55.pdf.

[22] FIGUEREIDO, Vanessa Saldanha; RINALDI, Vinícius Santana; ABI- ACKEL, Edmundo. Impermeabilização com manta asfáltica de uma laje plana de cobertura. Revista Constuindo. Belo Horizonte. V.9, Ed. Esp. de Patologia, p63-72, 2017. Disponível em http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/dawnload/4695/2952.

[23]] SILVA, Washington Miranda da. Sistemas de impermeabilização. IV Coló quio de Pesquisa Multidisciplinar, II Congresso Nacional de pesquisa multidisciplinar, 2019. Disponível em http://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/coloquio/article/view/847/834.

Capítulo 4

O uso de VANTs na inspeção de trabalhos em altura

Kellen Sabrina Pereira dos Santos
Cristian da Fonseca Monteiro

Resumo: Na área da construção civil, o avanço tecnológico e a maior disponibilidade de equipamentos sofisticados, como os VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados), também conhecidos como drones, tornaram possível melhorar a qualidade das obras, reduzindo custos operacionais e riscos de acidentes. Ao realizar atividades de inspeção remotas, pode-se reduzir significativamente o risco de acidentes para os trabalhadores que atuam na obra, mantendo-os afastados de locais de risco ou difícil alcance. Por essa razão, o objetivo geral desse artigo é avaliar as vantagens do uso de VANTs em trabalhos em alturas elevadas em difícil acesso por meio de pesquisa bibliográfica sistemática. Para a elaboração deste artigo, foram conduzidas etapas específicas. A primeira fase teve como objetivo identificar as possibilidades de utilização dos VANTs. A segunda fase consistiu na avaliação dos efeitos positivos que a adoção desses equipamentos pode trazer. Já a terceira e última etapa teve como finalidade identificar quais são as exigências necessárias para a implementação desse meio tecnológico. Como resultado, espera-se identificar a redução no índice do número de acidentes, analisar os obstáculos e restrições ao uso da tecnologia e verificar as regulamentações e normas técnicas disponibilizadas pelos órgãos governamentais, relacionados ao uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), com foco em trabalhos em alturas elevadas e de difícil acesso. Dessa forma, o trabalho trouxe os benefícios significativos que são oferecidos pela utilização de VANTs para a realização de inspeções em locais perigosos ou de difícil acesso, demonstrando como ao evitar o envolvimento de trabalhadores nessas áreas, reduzem-se os riscos de acidentes, como quedas e colisões.

Palavras-chave: VANTs, Trabalho em altura, Segurança do trabalho.

1. INTRODUÇÃO

Na área da construção civil, o avanço tecnológico e a maior disponibilidade de equipamentos sofisticados, como os VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados), também conhecidos como drones, tornaram possível melhorar a qualidade das obras, reduzindo custos operacionais e riscos de acidentes. Nos dias atuais, o uso de VANTs tem sido explorado em diferentes setores, incluindo a construção civil, ampliando a capacidade de monitoramento dos canteiros de obras e permitindo a realização de inspeções e registros precisos dos trabalhos em andamento.

Além disso, os VANTs podem suprir a necessidade de informações visuais e acompanhamento em tempo real, especialmente em situações de trabalho em alturas. Ao realizar atividades de inspeção remotas, pode-se reduzir significativamente o risco de acidentes para os trabalhadores que atuam na obra, mantendo-os afastados de locais de risco ou difícil alcance. No entanto, as inspeções realizadas manualmente geralmente têm visão limitada dos locais vistoriados, especialmente em situações de trabalho em altura.

Com a utilização de VANTs, as condições de trabalho podem ser significativamente melhoradas, evitando riscos de acidentes aos trabalhadores que se expõem a esse tipo de serviço. É importante ressaltar que a inspeção é um elemento essencial em sistemas de gestão de segurança para controle de riscos na detecção precoce e correção de possíveis falhas. Portanto, a utilização de VANTs na construção civil é uma inovação que traz benefícios significativos para a segurança e qualidade dos trabalhos em altura e áreas de difícil acesso.

O objetivo geral do estudo e avaliar as vantagens do uso de VANTs em trabalhos em alturas elevadas em difícil acesso por meio de pesquisa bibliográfica sistemática.

Espera-se que essa pesquisa sobre o uso de VANTs em trabalhos em alturas elevadas e de difícil acesso pode trazer grandes benefícios tanto para o meio empresarial quanto acadêmico.

Em relação ao meio empresarial, a implementação desse equipamento pode trazer um aumento na eficiência das atividades, redução de custos operacionais, diminuição de riscos de acidentes de trabalho e, consequentemente, um melhor aproveitamento dos recursos da empresa. Já no meio acadêmico, uma pesquisa sobre o tema pode contribuir para o avanço do conhecimento na área da construção civil, bem como para o desenvolvimento de novas tecnologias e metodologias de trabalho. Dessa forma, é possível perceber a importância e a relevância de uma pesquisa sobre o uso de VANTs em trabalhos em alturas elevadas, tanto no meio empresarial quanto acadêmico, para aprimorar a qualidade e segurança das obras e contribuir para o avanço da tecnologia e conhecimento na área.

Além disso, neste artigo, serão tratados os assuntos sobre o trabalho em alturas elevadas e as suas particularidades, incluindo os riscos envolvidos e os desafios enfrentados pelos trabalhadores. O uso de VANTs, suas vantagens e limitações em relações a outros métodos de acesso em altura e sua aplicação prática em trabalho em altura, incluindo suas exigências técnicas e regulamentações, bem como os obstáculos e restrições ao seu uso efetivo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. TRABALHO EM ALTURAS ELEVADAS E DE DIFÍCIL ACESSO

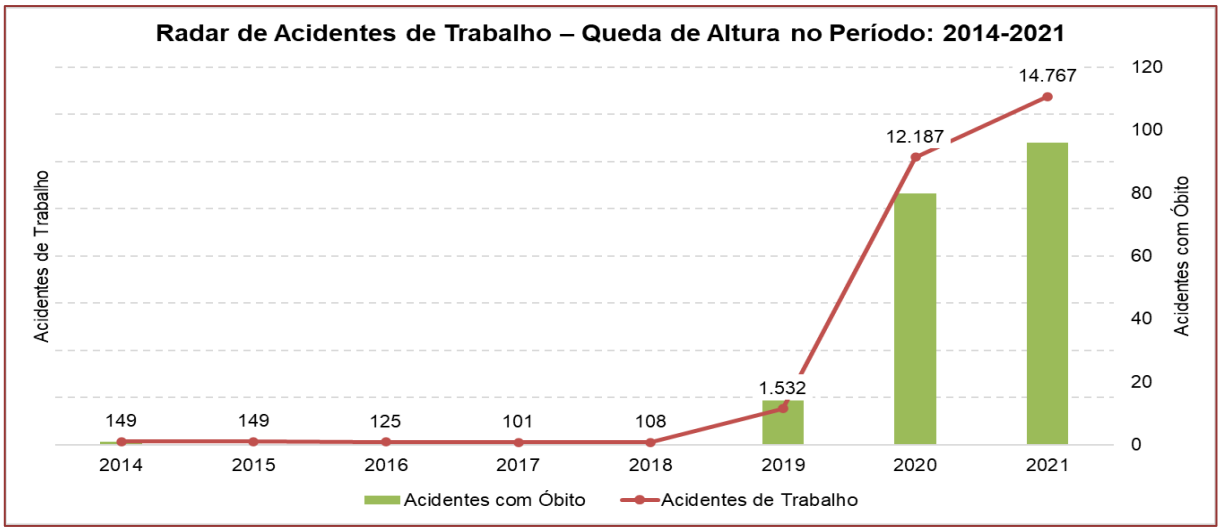
Será abordado os riscos significativos aos quais os trabalhadores envolvidos em trabalho em altura estão expostos. Serão discutidos aspectos como a importância da segurança do trabalhador, as principais causas de acidentes em trabalho em altura, e como o uso de VANTs podem ser utilizados para minimizar esses riscos. Serão apresentados também os impactos negativos dos acidentes nesse tipo de atividade, tanto para os trabalhadores quanto para as empresas.

Lesões graves ou até mesmo fatalidades podem resultar da exposição a quedas, desabamentos e outros perigos. Esses riscos podem ser agravados em virtude de fatores como a falta de treinamento adequado, equipamentos desgastados e falhas na supervisão das atividades. A adoção de boas práticas de segurança e a utilização de tecnologias avançadas, como o uso de VANTs, podem contribuir para reduzir os riscos envolvidos nessas atividades e garantir um ambiente de trabalho mais seguro para todos os envolvidos.

Apesar de terem surgido novas perspectivas, especialmente com estudos ergonômicos focados no trabalho, os trabalhadores da construção civil continuam sendo identificados como pertencentes a uma categoria profissional que historicamente tem resistido às normas de segurança e demonstrado uma grande relutância em utilizar equipamentos de proteção individual. (TAKAHASHI, 2012)

Foram registrados, nos últimos anos, um aumento acelerado no número de acidentes de trabalho graves e fatais causados por quedas de trabalhadores de grandes alturas, sendo a queda de pessoas com diferença de nível uma das ocorrências mais frequentes. Em 2021, no Brasil, foram registrados um total de 14.767 acidentes de trabalho e 96 acidentes com óbito em decorrência desse tipo de acidente.

Figura 2 – Radar de Acidentes de Trabalho – Queda de Altura no Período (2014-2021)



Fonte: SIT (2022)

De acordo com um estudo divulgado pelo site Apoio Engenharia, baseado em dados do antigo Ministério do Trabalho, as quedas de altura são responsáveis por cerca de 40% dos acidentes de trabalho registrados anualmente no Brasil, sendo que a construção civil é o setor com maior incidência. Foi constatado que 65% das quedas ocorrem nessa área, com 74% dos casos resultando em morte e apenas 26% dos trabalhadores sobrevivendo com alguma sequela. Além disso, o estudo revela que em 80% dos casos, as quedas ocorrem devido à falta de uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), enquanto os outros 20% são atribuídos a falhas nos próprios equipamentos.

Inúmeros riscos são oferecidos aos trabalhadores envolvidos no trabalho em altura. Esses riscos podem ser agravados em virtude de fatores como a falta de treinamento adequado, equipamentos desgastados e falhas na supervisão das atividades. Por isso, é fundamental que sejam adotadas boas práticas de segurança e que tecnologias avançadas sejam utilizadas para minimizar os riscos envolvidos nessas atividades e garantir um ambiente de trabalho mais seguro para todos os envolvidos.

Antes de qualquer trabalho em altura, é importante que uma análise de risco seja realizada e que haja supervisão adequada. Uma análise é visada com o objetivo de identificar eventos negativos, suas origens e suas consequências, com concentração na identificação de riscos para pessoas, meio ambiente, patrimônio, continuidade operacional e reputação da empresa. (SELLA, 2014).

Essa análise deve considerar não apenas o local, mas também o entorno, o isolamento e sinalização da área, as condições meteorológicas, o risco de queda de materiais e ferramentas, as situações de emergência e o planejamento de resgate e primeiros socorros, a fim de minimizar o tempo de suspensão inerte do trabalhador.

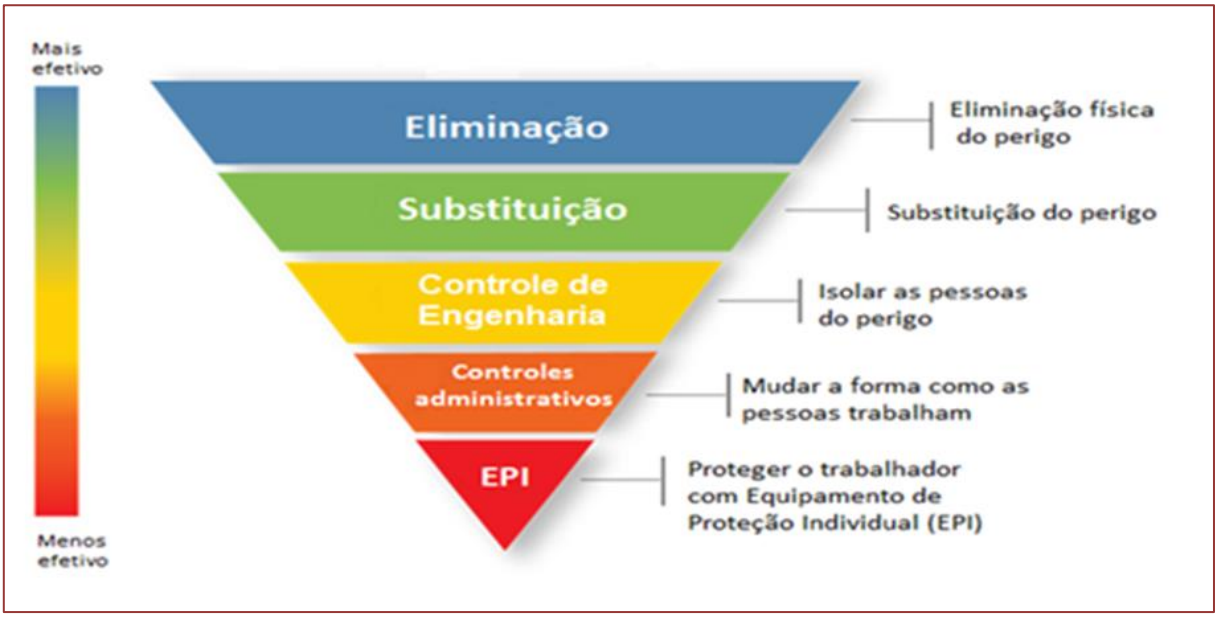
No planejamento do trabalho em altura é importante pensar em evitar o trabalho em altura sempre que possível, adotar medidas que eliminem o risco de queda dos trabalhadores e, caso não seja possível, adotar medidas para minimizar as consequências da queda.

Os procedimentos operacionais para trabalhos em altura devem incluir diretrizes e requisitos para a tarefa, orientações gerenciais, detalhamento da tarefa, medidas de controle de riscos, condições impeditivas, equipamentos de proteção coletivos e individuais necessários, competências e responsabilidades, bem como uma análise de riscos. (DEMÉTRIO, 2020)

Ao descrever os riscos, torna-se possível identificar as causas e consequências, o que permitirá a busca e elaboração de ações e medidas de prevenção ou correção das possíveis falhas detectadas. É importante ressaltar que a segurança no trabalho em altura deve ser considerada uma prioridade em todas as empresas e que a adoção de medidas preventivas e corretivas deve ser realizada de forma constante e com atualizações regulares.

Tradicionalmente, exames visuais são usados para verificar e analisar estruturas, o que pode resultar em algumas limitações de acesso para os técnicos responsáveis, especialmente em estruturas como pontes, barragens, igrejas e edifícios altos, que exigem equipamentos de elevação para realizar a inspeção. Dessa forma, a utilização de VANTs para esse tipo de inspeção é considerada uma opção promissora, já que elimina a necessidade de equipamentos de elevação e operadores especializados, além de garantir que o processo de inspeção seja mais seguro, eficiente e econômico. (ESCHMANN et al., 2012; MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014).

Figura 3 - Hierarquia de Controles referência a ISO 45001 - pirâmide invertida.



Fonte: Nascimento, Evandro (2020)

Através do uso de VANTs, é possível eliminar o risco associado à inspeção de locais elevados, como telhados, que poderiam expor os trabalhadores a perigos. A necessidade de exposição ao risco é substituída pelo VANT, que também auxilia no controle de engenharia ao identificar oportunidades de melhoria por meio de imagens de vídeo e fotos das áreas inspecionadas. As informações coletadas podem ser utilizadas para aprimorar as medidas administrativas, incluindo o planejamento de recursos, a análise de riscos e a redução do tempo necessário para realizar a manutenção. (NASCIMENTO, 2020)

O uso de VANTs para a inspeção em altura e outras tarefas em locais elevados tem sido uma prática cada vez mais comum na indústria, devido à sua capacidade de reduzir significativamente o risco de acidentes de trabalho. Em vez de expor os trabalhadores a perigos, como em situações que exigem o uso de equipamentos de elevação, os VANTs podem ser usados para coletar dados e imagens precisas em áreas de difícil acesso. Essas informações podem ser utilizadas para identificar possíveis riscos e oportunidades de melhorias na segurança e eficiência do trabalho, permitindo que medidas administrativas sejam tomadas com base em dados precisos e atualizados.

É importante ressaltar que o trabalho em altura é considerado uma atividade de alto risco, e por isso, é imprescindível que as empresas adotem medidas de segurança adequadas para proteger a saúde e a vida dos trabalhadores envolvidos nesse tipo de atividade, a análise de risco é uma ferramenta essencial para identificar potenciais perigos e elaborar medidas preventivas antes de realizar qualquer atividade em altura. A combinação do uso de VANTs e a análise de risco pode ser uma excelente estratégia para reduzir o índice de acidentes de trabalho em altura e promover um ambiente de trabalho mais seguro e saudável.

2.2. NORMAS E REGULAMENTAÇÕES

Será abordada a importância das normas e regulamentações para a segurança do trabalho em altura e para o uso de VANTs nessas atividades. As principais normas e regulamentações que regem essa atividade no Brasil serão discutidas e como elas podem ser aplicadas na prática para garantir a segurança dos trabalhadores que realizam atividades em altura será apresentado. Além disso, exemplos de boas práticas que podem ser adotadas pelas empresas para atender a essas normas e regulamentações serão apresentados.

As normas e regulamentações têm como finalidade estabelecer regras e procedimentos que visam garantir a segurança e saúde dos trabalhadores que realizam atividades em altura, assim como prevenir acidentes e doenças ocupacionais relacionadas a essa atividade. No Brasil, as principais normas e regulamentações que regem o trabalho em altura são a Norma Regulamentadora 35 (NR-35), e a Norma Regulamentadora 18 (NR-18), ambas elaboradas pelo Ministério do Trabalho e Emprego. E para o uso de VANTs a principal regulamentação é a Regulamentação da Aviação Civil Especial 94 (RBAC-E 94), elaborada pela Agência Nacional de Aviação Civil. Essas normas estabelecem requisitos mínimos de segurança para a realização de trabalhos em altura e devem ser seguidas pelas empresas e trabalhadores que realizam essa atividade.

2.2.1. NR-35

A Norma Regulamentadora NR35 foi elaborada pelo Ministério do Trabalho e Emprego (atual Ministério da Economia) através da Portaria nº 313, de 23 de março de 2012. As exigências mínimas e os mecanismos de segurança para o trabalho em altura são definidos pela NR 35, com a finalidade de assegurar a proteção e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com a atividade, abrangendo desde a programação e organização até a execução. (SANTOS, 2020)

Alguns dos tópicos tratados pela NR35 incluem: as obrigações dos empregadores e trabalhadores, os critérios para seleção, inspeção e uso dos equipamentos de proteção coletiva e individual, as medidas de proteção contra quedas, os procedimentos para situações de emergência e resgate, bem como a capacitação dos trabalhadores envolvidos. Adicionalmente, a norma estabelece que o trabalho em altura deve ser realizado apenas por trabalhadores autorizados e qualificados, e que a supervisão por um profissional habilitado deve ser providenciada.

2.2.2. NR-18

A NR 18 foi elaborada pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), por meio da Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978. Desde então, ela passou por diversas atualizações e revisões. Atualmente, a NR 18 é regulamentada pela Portaria nº 3.733, de 10 de fevereiro de 2020.

As orientações de cunho administrativo, de planejamento e organização que visam implementar medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no ambiente de trabalho na Indústria da Construção são definidas pela NR 18. (BRASIL, 2015)

Pode ser afirmado que é de responsabilidade da construção civil seguir os requisitos exigidos pela NR a fim de garantir a integridade física e segurança dos

trabalhadores, sendo indispensável a realização de um planejamento detalhado das atividades a serem executadas no canteiro de obras, associado ao planejamento de segurança. (SAURIN, 2002)

Algumas das temáticas tratadas pela NR18 incluem: o planejamento e organização do canteiro de obras, a sinalização de segurança, a manutenção de boas condições de higiene e conforto no ambiente de trabalho, o uso adequado de equipamentos de proteção individual e coletiva, as medidas de prevenção e combate a incêndios, a capacitação dos trabalhadores, entre outras. Além disso, é estabelecida pela norma a necessidade de elaboração do Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT) em obras com mais de 20 trabalhadores e/ou com duração superior a 180 dias.

2.2.3. REGULAMENTAÇÃO DO USO DE VANTs

A regulamentação do VANT é necessária para que a expansão do mercado possa ocorrer sem que a segurança ou privacidade de indivíduos sejam ameaçadas, o risco de pirataria ou colisão com outros objetos seja controlado e o uso desses dispositivos para fins ilegais seja evitado. (SCHREIBER; OSTIARI, 2014).

Em 2017, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) emitiu a RBAC-E 94, que define as normas para a operação de aeronaves não tripuladas, como os VANTs, no espaço aéreo brasileiro. A principal finalidade da RBAC-E 94 é assegurar a segurança da operação de VANTs no espaço aéreo brasileiro, por meio da estipulação de exigências para a obtenção de autorizações de operação, categorias de aeronaves não tripuladas, equipamentos obrigatórios, limites de altura e distância, e outros fatores relevantes. Além disso, a regulamentação estabelece a responsabilidade do operador em caso de acidentes ou danos causados pela operação da aeronave não tripulada.

Requisitos gerais são estabelecidos pela ANAC, que incluem a idade mínima para o piloto e observadores, que deve ser maior de 18 anos, a obrigatoriedade de portar o manual de voo durante a operação, a proibição da operação autônoma, a exigência de seguro com cobertura de danos a terceiros, a proibição de atravessar fronteiras com o VANT, a permissão de voo apenas em áreas distantes de terceiros e o registro da aeronave junto à Anatel, independentemente das classificações.

Existem três tipos de classificação baseado no peso da aeronave:

Classe 1	Peso máximo de decolagem maior de 150kg.
Classe 2	Peso máximo de decolagem maior que 25kg e até 150kg.
Classe 3	Peso máximo de decolagem 25kg.

De acordo com as regulamentações da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), os operadores de drones com peso inferior a 250g são considerados licenciados e não necessitam de um documento emitido pela agência, a menos que a aeronave seja utilizada em altitudes superiores a 400 pés. Entretanto, é obrigatório o registro dessas aeronaves cujo peso máximo de decolagem seja superior a 250g. Licenças e habilitações são exigidas apenas pela ANAC para pilotos de aeronaves não tripuladas das classes 1, 2 ou 3 que

pretendam voar acima de 400 pés. Pilotos remotos de aeronaves das classes 1 e 2 devem também possuir o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) emitido pela ANAC ou o CMA de terceira classe do DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo).

2.3. O USO DE VANTs NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Será abordado o uso de VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) na Construção Civil, discutindo as vantagens desse tipo de tecnologia para essa indústria, como a redução de custos e prazos, além de maior eficiência e segurança nas operações. Também serão mencionados alguns dos principais usos de VANTs na Construção Civil, com ênfase em inspeções em locais de difícil acesso e monitoramento de obras em tempo real.

O uso de VANTs na construção civil é oferecido diversas vantagens em relação aos métodos tradicionais de inspeção e monitoramento. Um acesso mais seguro e fácil a locais perigosos ou de difícil acesso é permitido pelas aeronaves não tripuladas, além de dados e imagens mais precisos e abrangentes serem coletados, o que possibilita uma avaliação mais completa das condições de um local. A redução do tempo e dos custos necessários para realizar inspeções e monitoramentos é possível com o uso de VANTs, além de contribuir para a segurança dos trabalhadores, já que as condições de segurança podem ser monitoradas em tempo real e avaliadas antes da realização de trabalhos de manutenção ou reparação.

O termo VANT é usado como uma designação ampla para aeronaves que são capazes de voar sem tripulação e que foram inicialmente concebidas para operar em áreas consideradas de difícil acesso, bem como em situações perigosas e repetitivas. Essas aeronaves também são capazes de capturar imagens de áreas extensas por períodos prolongados sem a necessidade de intervenção humana. (apud PARENTE, 2016).

O uso de VANTs na construção civil tem sido amplamente adotado devido à sua capacidade de apresentar rapidamente o cenário dos canteiros de obras. Em comparação com outras metodologias de inspeção de patologias em fachadas, os VANTs têm uma grande vantagem quando o tempo é considerado como um parâmetro importante. Isso pode contribuir significativamente para o planejamento e gestão na construção civil. De acordo com um estudo, os VANTs podem economizar 1.127% do tempo em relação a outras metodologias quando usado em balanços suspensos e 298,04% em cadeiras suspensas, levando em consideração apenas o tempo ocioso das operações, como montagem e posicionamento. (MELO, 2020)

Maior eficiência pode ser obtida ao planejar trabalhos em altura através do uso de imagens aéreas usando a tecnologia proveniente dos VANTs, já que a necessidade de mobilizar recursos, como andaimes, equipamentos de elevação e tempo de exposição ao risco, entre outros, é eliminada para realizar inspeções visuais e identificar anomalias ou falhas. Com as imagens e dados coletados pelos VANTs, é possível avaliar as condições do local de forma mais precisa e abrangente, sem expor os trabalhadores a situações de risco. Além disso, as aeronaves podem ser utilizadas para monitorar as condições de segurança em tempo real, permitindo que a equipe tome medidas preventivas para garantir a segurança dos trabalhadores e assim tem-se constatado que o uso de VANTs é uma alternativa promissora e segura para a realização de trabalhos em altura na construção civil.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa se caracterizou por uma pesquisa bibliográfica com o intuito de analisar os benefícios da utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) em atividades realizadas em locais elevados, por meio de uma abordagem sistemática. Para alcançar o objetivo geral, que é avaliar as vantagens do uso de VANTs em trabalhos em alturas elevadas em difícil acesso, foram necessárias as seguintes etapas representas na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma das etapas da pesquisa

Fonte: Autoria própria (2023)

3.1. IDENTIFICAÇÃO DAS APLICAÇÕES DE VANTs EM TRABALHO EM ALTURA

Com o intuito de identificar as possíveis aplicações de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) em atividades que envolvem trabalho em locais elevados, será realizada uma pesquisa utilizando os termos "Uso de VANTs" e "Trabalho em Altura". Para tal, será utilizado o mecanismo de busca do Google Acadêmico, e serão considerados apenas os artigos publicados no período entre 2017 e 2023. Serão excluídos os artigos que não apresentarem informações precisas e objetivas sobre a utilização de VANTs nesse contexto. Os artigos que serão escolhidos deverão fornecer informações coesas e pertinentes à temática em análise. Serão aplicados filtros específicos com o intuito de concentrar a pesquisa na temática relacionada ao trabalho em locais elevados.

3.2. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO USO DE VANTs NA INSPEÇÃO DE TRABALHO EM ALTURA

O conjunto de fontes consideradas para a elaboração deste material abrange trabalhos acadêmicos como monografias, teses e dissertações, bem como artigos publicados em território nacional. Todos esses trabalhos foram selecionados a partir da etapa anterior, o objetivo é avaliar o impacto do uso de VANTs na inspeção de locais elevados. Essa análise permitirá obter dados relevantes para a avaliação dos resultados dessa tecnologia nesse tipo de atividade.

3.3. IDENTIFICAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS PARA A UTILIZAÇÃO DE VANTS NA INSPEÇÃO DE TRABALHO EM ALTURA

Nesta fase, será realizada uma pesquisa documental para identificar as normas e requisitos necessários para a implementação do uso de Veículos Aéreos Não Tripulados

(VANTs), com o objetivo de aprimorar a inspeção de obras e reduzir o número de acidentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. IDENTIFICAÇÃO DAS APLICAÇÕES DE VANTs EM TRABALHO EM ALTURA

Inicialmente, foram identificadas por meio de uma pesquisa de revisão bibliográfica sistemática as principais atividades de trabalho em altura que podem ser beneficiadas pelo uso de VANTs, como inspeções de fachadas, coberturas de edifícios, torres de transmissão e pontes.

Foram encontrados 34 artigos referentes aos termos pesquisados e aos filtros aplicados, desses 34 artigos foi escolhido os 10 artigos que melhor atendia aos critérios de pesquisa. A tabela 1 apresenta a literatura encontrada para a fundamentação do artigo em questão.

Tabela 1. Resumo da literatura encontrada

Autores	Ano	Pesquisa
Pereira, V. M.	2022	Descreve como novas tecnologias, com o VANTs, estão sendo utilizadas para inspeção de fachadas de edifícios em construção no Brasil.
Melo, S. R. R.	2017	Analisa como o VANT tem sido empregado em diferentes domínios da engenharia, mostrando que estudos recentes têm explorado o potencial dessa tecnologia como uma ferramenta para auxiliar na gestão da segurança dentro dos canteiros de obras.
Melo, N. J. A.	2020	Apresentar o uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANTs), como uma tecnologia ágil para a realização de inspeções de patologias em fachadas de edificação.
Melo, S. R. R.	2017	Propõe diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obra por meio de imageamento com Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT).
Silva, G. D.	2018	Avalia os acidentes de trabalho em altura ocorridos na indústria da construção no estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de avaliar a efetividade das normas de segurança em vigor.
Santos, S. C. A.	2020	Propõe um modelo de análise e avaliação das condições de trabalho em grandes alturas no ramo da construção civil com a utilização de veículos aéreos não tripulados (VANTs), possibilitando em uma avaliação mais ágil e segura e resultando numa menor intervenção física de indivíduos nas áreas potencialmente de risco.
Costa, S. J.	2020	Aborda o trabalho em altura e seus riscos associados que, apesar de se tratar de um tema com elevada taxa de sinistralidade laboral, não só em Portugal, mas na Europa e pelo mundo, ainda tem longo caminho a percorrer na busca pela garantia na segurança dos trabalhadores e na redução dos impactos socioeconómicos ocasionados pelos acidentes.
Camargo, D. R.	2018	Apresenta as profundas transformações na área da construção civil envolvendo serviços em altura
Britto, B. F.	2019	Discute a importância de estudos sobre a indústria da construção civil no Brasil e as relações entre organizações e trabalhadores. Ele destaca que a introdução de novas tecnologias, como o uso de VANTs, é um desafio para o setor, mas pode ser uma aliada importante.
Guimarães, S. H. G.	2017	Analisa o processo de licenciamento de um VANT, suas facilidades, entraves e custos, junto às agências reguladoras brasileiras.

Fonte: Autoria própria (2023)

A partir desses estudos, foram identificados os tipos de trabalho em altura e de difícil acesso, assim como as vantagens e limitações do uso de VANTs nesse tipo de atividade na construção civil. Os procedimentos para a utilização dos VANTs em trabalhos em altura, incluindo o treinamento necessário para a equipe responsável, a definição de protocolos de segurança e a seleção dos equipamentos adequados.

A tecnologia inovadora dos VANTs é considerada na construção civil atual como capaz de facilitar as atividades desde a fase de projeto até a inspeção e monitoramento de práticas seguras, permitindo a redução de tempo e custos, assim como diminuição do risco de lesões e garantia da qualidade do trabalho. (HERRMANN, 2016).

Canteiros de obras podem se beneficiar com o uso de VANTs para monitorar projetos e logística, por meio de inspeções mais rápidas e mapeamento do progresso em relação aos cronogramas, com relatórios de progresso em tempo real. Anteriormente, essas ações não eram possíveis sem essa tecnologia, mas agora melhoram significativamente a segurança dos locais, monitoramento e manutenção de ativos. O gerenciamento da cadeia de suprimentos também pode ser aprimorado pelos gerentes de logística dos canteiros de obras, utilizando VANTs para transporte de mercadorias de fornecedores e movimentação de materiais. O uso dessas tecnologias em empresas já existentes permite a criação de novas áreas de negócio e a simplificação dos processos comerciais, além de reduzir a exposição dos trabalhadores a tarefas prolongadas, monótonas, sujas e perigosas. (SANTOS, 2020).

4.2. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO USO DE VANTS NA INSPEÇÃO DE TRABALHO EM ALTURA

Foi feita uma avaliação do impacto do uso de VANTs na inspeção de trabalho em altura, com a identificação de possíveis vantagens e desvantagens do uso desta tecnologia em comparação com a inspeção tradicional. Os resultados obtidos poderão ser utilizados para aprimorar as práticas de inspeção em altura na área da construção civil.

Tabela 2 - Barreiras e benefícios do VANT para análise de segurança

Aspectos	Benefícios	Barreiras
Planejamento	Identificação dos pontos de segurança de interesse.	Barreiras físicas (edifícios, postes, árvores, fiações elétricas, entre outros); Condições climáticas (chuva e ventos fortes).
Coleta e processamento de dados	Redução do tempo de inspeção devido à flexibilidade na monitoração das atividades; Simplificação das etapas de inspeção por meio da eliminação do excesso de coleta manual (redução de pessoal); Tecnologia de fácil uso.	Requisitos das Regulamentações(ex. limite de altitude); Treinamento VANT para piloto e observador; Pobre visualização de áreas internas.
Análise de dados e proposição de melhorias	Aumento da transparência das condições inseguras; Informações detalhadas sobre condições inseguras e seguras; Utilização dos ativos visuais e os resultados de inspeção para a educação de segurança.	Análise manual dos ativos visuais; Necessidade de melhorar o feedback em tempo real para os trabalhadores (interação direta entre VANT e trabalhadores).
Sistema de Segurança e Pessoas	Viabilidade de custo-benefício VANT (aquisição e manutenção tecnologia de baixo custo); Potencial de melhoria do comportamento do trabalhador relacionada com segurança.	Integração do VANT com sistema de gestão de saúde e segurança do projeto; Resistência à adoção de novas tecnologias pela construção civil.

Fonte: (SANTOS, S. C. A., 2020)

Pode-se entender que além da segurança, também pode ser reduzido o tempo necessário para a conclusão dos projetos pelo uso de VANTs. Isso ocorre porque as inspeções e a coleta de dados podem ser realizadas com mais rapidez e eficiência do que com métodos tradicionais, como inspeções manuais e levantamentos topográficos. A redução do tempo necessário para a execução do projeto pode resultar em economias significativas de custos para as empresas de construção civil.

Melo (2020) apresenta um estudo onde é comparada o tempo de ajustes do VANT com as outras metodologias estudadas para a inspeção das patologias, sendo o tempo dessas outras inspeções sendo até 1.127% maior que a inspeção com o uso dos VANTs. Uma ferramenta muito ágil para o mapeamento visual de patologias em uma fachada é demonstrada por essa tecnologia, trazendo benefícios significativos para o planejamento dos serviços de recuperação desses elementos construtivos.

Quanto a segurança, entende-se que a melhor forma para lidar com acidentes, principalmente se tratando em questões de locais de difícil acesso, é eliminando a necessidade de uma pessoa física para o trabalho em altura, tirando-o da exposição ao perigo. Além disso, o uso de VANTs pode ajudar a identificar problemas em um estágio inicial, antes que se tornem grandes problemas que requerem mais tempo e recursos para serem corrigidos.

4.3. IDENTIFICAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS PARA A UTILIZAÇÃO DE VANTS NA INSPEÇÃO DE TRABALHO EM ALTURA

Foi feita uma pesquisa sobre as regulamentações e normas de segurança que envolvem essa atividade, bem como sobre as características técnicas dos VANTs que devem ser consideradas para o seu uso seguro em trabalhos em altura. Espera-se fornecer orientações para empresas e profissionais que desejam utilizar VANTs em inspeções de trabalho em altura, garantindo a segurança e eficiência dessas operações.

Regulamentações para o uso de VANTs na inspeção de trabalho em altura são variáveis conforme país e região, mas geralmente abrangem aspectos de segurança e privacidade, bem como restrições de voo em áreas urbanas e próximas a aeroportos. Além disso, as características técnicas dos VANTs devem ser consideradas, incluindo sua capacidade de carga, autonomia de voo, precisão de navegação e qualidade dos sensores ou câmeras usados para coleta de dados.

É importante notar que, em muitos casos, é necessário obter autorização dos órgãos reguladores para realizar voos com VANTs e executar a inspeção em altura. A empresa ou profissional responsável pela operação do VANT deve possuir as certificações e habilitações necessárias para a operação segura da aeronave. O objetivo é garantir a segurança das pessoas e das propriedades durante o voo e a coleta de dados.

No dia 2 de setembro de 2015, a ANAC apresentou a proposta do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94 (RBAC-E nº 94), intitulado "Requisitos Gerais para Veículos Aéreos Não Tripulados e Aeromodelos", que foi emitida somente em 2017.

A proposta RBAC-E nº94 estabelece a diferenciação entre o VANT e o Aeromodelo. Assim como descrito acima, a RPA é definida como o VANT destinado à operação remotamente pilotada, ou seja, uma subclasse de VANT que se caracteriza pela capacidade que a aeronave possui de permitir a intervenção do piloto remoto em qualquer fase do voo, sendo essa aeronave o foco principal da nova regulamentação.

A classificação proposta estabelece ainda três classes de RPA, de acordo com o seu Peso Máximo de Decolagem (PMD), regras de voo e registro.

- Classe 1 – Peso máximo de decolagem maior que 150 kg
- Classe 2 – Peso máximo de decolagem maior que 25 kg e até 150 kg
- Classe 3 – Peso máximo de decolagem de até 25 kg
- Aeromodelos ou RPA com peso máximo de decolagem de até 250g
- RPA com peso máximo de decolagem maior que 250g e até 25 kg.

Aeronaves não tripuladas remotamente pilotadas usadas para fins recreativos e de lazer são consideradas aeromodelos de acordo com as regulamentações da ANAC, enquanto que as aeronaves remotamente pilotadas (RPA) são utilizadas para outras finalidades, como experimentais, comerciais ou institucionais. A operação de ambos os tipos de aeronaves só é permitida em áreas com uma distância horizontal mínima de 30 metros das pessoas não anuentes ou não envolvidas com a operação, e cada piloto remoto só pode operar um equipamento por vez.

Para operar um aeromodelo, as normas da ANAC são simples. A distância-limite de terceiros deve ser respeitada e as regras do DECEA e da ANATEL devem ser observadas. Aeromodelos com peso máximo de decolagem, incluindo o peso do equipamento, bateria e carga, de até 250 gramas não precisam ser cadastrados na ANAC. Aqueles que ultrapassem esses limites devem ser cadastrados e, se operados além da linha de visão visual ou acima de 400 pés do nível do solo, o piloto do aeromodelo deve possuir licença e habilitação.

O detentor de um Certificado de Aeronavegabilidade Especial de RPA - CAER, ou aquele com quem a aeronave é compartilhada, é considerado apto pela ANAC a realizar voos recreativos e não recreativos no Brasil, com aeronaves não tripuladas cujos projetos foram aprovados em conformidade com os regulamentos da ANAC, incluindo o distanciamento de 30 metros laterais das pessoas não anuentes e a necessidade de avaliação de risco operacional. Cabe ao operador tomar as providências necessárias para a operação segura da aeronave e cumprir os regulamentos do DECEA, da Anatel e outras autoridades competentes.

Os VANTs utilizados na construção civil geralmente se enquadram na classe 1 ou 2, dependendo do seu tamanho e capacidade de carga. A posse de uma licença e habilitação válida emitida pela ANAC é obrigatória para pilotos remotos de aeronaves remotamente pilotadas dessas classes (1 ou 2), ou para aqueles que pretendam voar acima de 400 pés acima do nível do solo. (ANAC, 2017)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desse artigo foi avaliar as vantagens do uso de VANTs em trabalhos em alturas elevadas em difícil acesso. A análise crítica dos estudos permitiu extrair informações relevantes sobre as vantagens do uso de VANTs, como a capacidade de alcançar áreas de difícil acesso, a redução de riscos para os trabalhadores, a melhoria na eficiência e precisão das inspeções, entre outros aspectos positivos identificados.

O primeiro objetivo específico foi a identificação das aplicações de VANTs em trabalho em altura e a análise da redução no número de acidentes. Diversas aplicações

dos VANTs em atividades em alturas elevadas, como a inspeção de estruturas, o monitoramento de obras e o mapeamento topográfico, entre outras, foram descobertas através da revisão bibliográfica realizada. Além disso, a redução no número de acidentes foi constatada, uma vez que a viabilização da realização de inspeções e monitoramentos de maneira segura, sem expor os trabalhadores a situações de risco em locais altos, foi evidenciada.

O objetivo subsequente foi avaliar o impacto do uso de VANTs na inspeção de trabalho em altura, analisando os obstáculos e restrições ao uso da tecnologia. Através da análise de conteúdo de estudos relevantes, foi possível identificar e avaliar o impacto do uso de VANTs nessa área específica. A análise revelou os benefícios da tecnologia, como a capacidade de superar obstáculos e acessar áreas de difícil alcance, permitindo uma inspeção mais abrangente e detalhada. Além disso, foram identificadas as restrições ao uso da tecnologia, como limitações regulatórias e necessidade de treinamento especializado. Após essas análises conseguimos contribuir para uma compreensão mais completa do impacto do uso de VANTs na inspeção de trabalho em altura.

Como último objetivo específico tivemos a identificação das exigências para o uso de VANTs na inspeção de trabalho em altura, examinando as regulamentações e normas técnicas emitidas pelas entidades governamentais. Através da pesquisa documental realizada, foi possível a identificação das regulamentações e normas técnicas relevantes ao emprego de VANTs na inspeção de trabalho em altura, proporcionando uma visão completa das exigências legais e das orientações estabelecidas pelos órgãos governamentais, fornecendo informações essenciais para a compreensão e conformidade com as exigências regulatórias no uso de VANTs na inspeção de trabalho em altura.

Esse trabalho trouxe os benefícios significativos que são oferecidos pela utilização de VANTs para a realização de inspeções em locais perigosos ou de difícil acesso. Ao evitar o envolvimento de trabalhadores nessas áreas, reduzem-se os riscos de acidentes, como quedas e colisões. Além disso, a detecção antecipada de danos e defeitos é possibilitada pelos drones equipados com câmeras e sensores avançados, o que permite uma intervenção adequada e a prevenção de ameaças à segurança. Por fim, a segurança dos trabalhadores é efetivamente promovida pelo uso de VANTs na inspeção de trabalho em alturas, ao evitar a exposição a riscos e permitir a implementação de medidas preventivas.

Embora a pesquisa tenha explorado os benefícios do uso de VANTs na inspeção de trabalho em altura, não foi possível quantificar os custos associados à aquisição, manutenção e operação desses dispositivos em comparação com os métodos tradicionais de inspeção. A falta de material disponível sobre os custos específicos dos VANTs na construção civil impediu a inclusão dessas informações no estudo.

Como sugestão de estudo futuro poderia ser explorado a viabilidade econômica do uso de VANTs na inspeção de trabalho em altura, comparando os custos relacionados à aquisição, manutenção e operação desses equipamentos com os métodos tradicionais de inspeção. Adicionalmente, poderia ser feito um estudo sobre a integração dos VANTs com outras tecnologias emergentes, como a realidade virtual e a inteligência artificial. Essa pesquisa exploraria como essas tecnologias podem ser combinadas para aprimorar ainda mais a precisão e eficiência das inspeções.

REFERÊNCIAS

[1] BRITO, B. F., NUNES, S. V. E., MORAIS, O. F. G**. Inspeções de sistema de segurança na construção civil com uso de VANT**. v. 1 n. 1 (2019): Anais da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT). Disponível em, <https://aplicacoes.ifs.edu.br/periodicos/SNCT/article/view/1180> Acesso em 04/05/2023

[2] SANTOS, S. C. A., BEZERRA, S. T., MATHIAS, V. R., JOAQUIM, A. F. **Modelo de análise de risco com a utilização de veículo aéreo não tripulado: estudo realizado em uma construtora**. Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção (2020). Disponível em, <https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/10 102020_231000_5f826b58124c0.pdf> Aceso em 05/05/2023

[3] Melo, N. J. A., Melo, P. M. **Utilização de VANT para inspeção de patologias em fachadas: uma análise logística entre metodologias de inspeção**. Instituto Federal de Pernambuco (IFPE, 2020).

[4] Costa, S. J. **Trabalho Em Altura: Estudo de Caso de Uma Empresa de Instalação de Ar Condicionado.** Universidade do Porto (Portugal, 2019). Disponível em, <https://www.proquest.com/openview/9c079542a590049e0bfd317f9de55124/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y> Acesso em 05/05/2023

[5] Camargo, R. D., Braga, E. S., Ferreira, A. F. **Trabalho em altura X Acidentes de trabalho na Construção Civil.** Revista Teccen (2018).

[6] Pereira, V. M. (2022). **INSPEÇÃO DE FACHADAS COM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)**. Interação - Revista De Ensino, Pesquisa E Extensão, 24(3), 95 - 111. <https://doi.org/10.33836/interacao.v24i3.719> Acesso em 05/05/2034

[7] Guimarães, S. H. G. **REGULARIZAÇÃO DE UMA AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA DE PEQUENO PORTE PARA FINS DE PESQUISA CIENTÍFICA: CUSTOS, FACILIDADES E ENTRAVES.** Seminário de Políticas Públicas e Desenvolvimento Territorial (2019). Disponível em <https://www.uniara.com.br/arquivos/file/eventos/2017/seppu/anais/guimaraes-rios.pdf> Acesso em 06/05/2023

[8] Melo, R. R. S., Costa, D. B. **Diretrizes para o uso de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) Para Inspeção de Segurança em Canteiros de Obra**. (2020) Disponível em: <https://editorascienza.com.br/pdfs/978_85_5953_027_8_capitulo_8.pdf> Acesso em 06/05/2023

[9] Melo, R. R. S. **Diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obra por meio de imageamento com veículo aéreo não tripulado (VANT).** (2020) Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/22635> Acesso em 08/05/2022

[10] Silva, G. D. **Diagnóstico de acidentes de trabalho em altura: um estudo no setor da construção civil (2018)**. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/riu/3622> Acesso em 04/05/2023

[11] **REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL ESPECIAL RBAC-E nº 94.** Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2017). Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-1/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf> Acesso em 09/05/2023

Capítulo 5

Sustentabilidade: um estudo sistemático sobre a aplicação da madeira plástica como alternativa de material sustentável na construção civil

Luciano Lima de Moura

Resumo: Os materiais ecológicos são aqueles na qual não apresentam impacto ambiental ou ainda pode ser considerado muito baixo para o meio ambiente, caracterizando seu rendimento semelhante a um material comum. Mediante à tais necessidades,a substituição da madeira natural por madeira plástica é visto como uma alternativa ecológica, pois a extração indevida deste recurso pode acarretar sua extinção e destruição do meio ambiente. Diante disso, este artigo teve como objetivo geral analisar as aplicações da madeira plástica na construção civil como substituto da madeira convencional, por meio de uma revisão sistemática. Para se alcançar o objetivo geral proposto, foi necessário estar identificando as principais aplicações da madeira plástica na construção civil, levantando o processo de fabricação e analisando os benefícios do uso da madeira plástica na construção civil e meio ambiente. Face ao exposto, apresenta-se como resultados retratar seus materiais de origem (madeira e plástico), identificar as propriedades e estabelecer as vantagens sustentáveis para o meio ambiente e construção civil. Assim, pode-se concluir que a madeira plástica se atribui como uma nova alternativa ecologicamente viável à substituição da madeira tradicional, uma vez que é considerado um recurso natural essencial para as atividades construtivas e pode gerar impactos ambientais por meio do uso inadequado para as gerações futuras.

Palavras-chave: Madeira Plástica. Sustentabilidade. Construção Civil.

1. INTRODUÇÃO

O fator de sustentabilidade vem cada vez mais sendo pauta exposta nas organizações, uma vez que a preocupação com a forma de uso dos recursos naturais mediante às ações antrópicas reflete diretamente no acesso para as futuras gerações, abrangendo o consumo consciente de matéria prima, o reaproveitamento de resíduos e a minimização de desperdícios.

Diante deste cenário, a construção civil tem passado por uma mudança de paradigma significativa para o setor, na busca pela racionalização dos recursos naturais indispensáveis às atividades construtivas, visando reduzir os impactos negativos do uso inadequado dos recursos naturais. A disposição inapropriada gera efeitos catastróficos para o meio ambiente, seja à curto ou longo prazo, e pode-se tornar irreversíveis para o ecossistema nas gerações futuras.

Considerando o elevado desperdício de madeira natural nas atividades construtivas, recurso natural no qual está presente em grande parte das etapas de uma obra, a utilização de madeira plástica retrata a busca por novos produtos que atendam o mercado de maneira sustentável com mínimo ou nenhum impacto ambiental, atribuindo seu rendimento, propriedades e características semelhantes ao material comum.

A empregabilidade da madeira plástica na construção civil designa-se como uma alternativa sustentável à substituição da madeira tradicional, devido ao processo de produção dispor de características ecológicas, possibilitando a destinação adequada de materiais que seriam descartados, e na maioria das vezes é realizada em caráter inapropriado às necessidades do material, além de apresentar vantagens de durabilidade, resistência, baixa manutenção, fácil manuseio e instalação.

O presente artigo tem como objetivo geral analisar as aplicações da madeira plástica na construção civil como substituto da madeira convencional, por meio de uma revisão sistemática.

A relevância acadêmica da pesquisa visa compreender a imprescindibilidade de implementar materiais que atendam as necessidades do mercado e colaborem com o meio ambiente na construção civil, evidenciando como o reaproveitamento dos recursos naturais fundamentais para as atividades construtivas pode ser visto como uma alternativa sustentável, direcionando à destinação correta do material em razão de minimizar os impactos ambientais e principalmente, que estes produtos não se tornem problemas maiores futuramente para o meio ambiente.

O trabalho se desenvolverá nos seguintes tópicos de fundamentação teórica: sustentabilidade na construção civil, uso da madeira na construção civil e a madeira plástica como alternativa sustentável.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A temática abrangente à sustentabilidade é uma pauta de grande relevância dentro das empresas de construção civil, a medida que a vasta quantidade de resíduos oriundos das atividades construtivas sem a destinação adequada, provoca impactos significativos ao meio ambiente, seja à curto ou longo prazo. Assim, torna-se indispensável a minimização de tais danos através de medidas sustentáveis que definam novas alternativas de reutilização dos recursos naturais essenciais para a construção civil.

Sousa (2015) cita que a sustentabilidade define-se mediante às atividades antrópicas, isto é, das ações humanas, na qual tem como finalidade sustentar os interesses do ser humano sem atribuir risco para as gerações futuras. As práticas sustentáveis estão relacionadas como desenvolvimento econômico sem agressão ao meio ambiente, resultando em um futuro desenvolvimento sustentável.

Para Yemal, Teixeira, e Nääs (2011) o pensamento sustentável é uma filosofia que faz com que as pessoas procurem melhorias para o meio ambiente sem deixar de lado os benefícios econômicos oriundos destas melhorias. Sob ótica empresarial, a sustentabilidade vem gerando diversas novas oportunidades de empreendimento, em ênfase no ramo da construção civil, resultando em lucratividade, incentivando a inovação, e consequentemente, a competitividade.

Techio, Golçalves e Costa (2016) afirmam que a responsabilidade ambiental designa um papel fundamental na construção civil, assim como para a sociedade, desde ações menores e individuais até atividades empresariais com objetivos maiores. Tais ações podem ser feitas como economizar água, o uso de transporte coletivo, coleta seletiva de lixo e entre outras, até atividades maiores como evitar poluição de solo, água e ar, desmatamento e geração de resíduos sólidos.

A sustentabilidade tem três pilares: ambiental, social e econômico. Assim, todas as atividades sustentáveis são voltadas para as respectivas três esferas, e demandam da finalidade de preservar a biodiversidade e ecossistema, além de ser economicamente viável e que seja de acesso a todos (NASCIMENTO; MORAIS; LOPES, 2022). A sustentabilidade abrange o conjunto de abordagens, implicações e princípios básicos característicos ao aspecto social, econômico e ambiental, na qual interajam entre si plenamente.

Na construção civil, a sustentabilidade abrange três aspectos de grande relevância, tais como a relação com o desempenho de um projeto no decorrer da vida útil, gestão de energia, água e os recursos naturais indispensáveis nas atividades construtivas (ALMEIDA, 2021). O aperfeiçoamento dos processos em todos os setores de construção é uma estratégia vital ao mantimento de recursos naturais para os próximos anos, fundamentando-se em utilizar energias renováveis, tecnologias limpas e, principalmente, conservar o meio ambiente.

Cavalcante (2022) expõe que uma construção sustentável demanda de um sistema construtivo que atenda as necessidades da edificação, no entanto, com foco na preservação dos recursos naturais e o meio ambiente ao redor, garantindo qualidade de vida para os indivíduos que habitam ali no presente e futuro. Assim, visa a restauração e manutenção harmônica entre os ambientes naturais e construídos, minimizando os danos ao meio ambiente durante as etapas de construção.

O consumo dos recursos naturais essenciais para as atividades construtivas devem ser racionalizados às necessidades antrópicas, uma vez que a quantidade de resíduos gerados e a extração de matérias-primas representam um desafio na minimização dos impactos provocados pelas construções, tornando-se cada vez mais necessárias ações sustentáveis que realizem o reaproveitamento de resíduos, a diminuição de desperdícios e danos para o meio ambiente.

2.2. USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A madeira é considerada um material de ampla utilização na construção civil, e além de ser um recurso renovável, existe certa dificuldade em compreender a informação de que o impacto ocasionado pela má escolha do material é realmente significativo para o meio ambiente.

Em território nacional, destaca-se o concreto e o aço como principais recursos utilizados na construção civil. Entretanto, estima-se a necessidade que a exploração de tais materiais seja feita de modo racional, uma vez que demanda de elevada energia, além de altas quantidades de gás carbônico para a produção, em caráter contrário à madeira, sendo o segundo material de maior consumo nas atividades construtivas (FILHO, 2022). Evidencia-se que o ciclo de vida da madeira caracteriza-se ao melhor desempenho ambiental, emitindo uma quantidade significativamente inferior de gases e elementos poluentes para a água e o ar.

Zanela (2021) afirma que a madeira é um material renovável e possui características associadas ao baixo consumo energético, porém, sua acessibilidade é dependente da extração, necessitando de reservas ou ainda a disponibilidade de energia para a obtenção. No âmbito construtivo, a madeira é um material de mais fácil acesso de produção, quando comparado aos demais materiais essenciais para as atividades construtivas, como concreto e aço.

De acordo com Habowski (2018) a empregabilidade da madeira na construção civil pode ser realizada para distintas finalidades, desde o uso de fôrmas até escoramentos. De modo geral, utiliza-se em esquadrias, portas, pisos, forros e estruturas de cobertura. Embora o uso da madeira seja de ampla utilização e em distintos formatos, o uso racional deve ser visto como uma pauta prioritária dentro das empresas como forma de minimizar os impactos na extração, beneficiamento ambiental e econômico, utilização e destinação de resíduos de construção.

Na construção civil, a utilização da madeira viabilizar obter uma economia significativa de energia em duas atividades. A primeira refere-se na composição da matéria-prima mediante à fotossíntese, e a segunda abrange o consumo de energia associado ao processamento e montagem de edifícios, devido a aplicação de resíduos como alternativa de energia térmica (OLIVEIRA, 2015). Assim, deve ser baseada tanto nas propriedades quanto nos processamentos dos materiais e ainda no custo/benefício para a construção.

Entretanto, a utilização da madeira demanda de cuidados específicos no que se refere à mão de obra especializada aos revestimentos de vedação, em evidência nas circunstâncias que as peças compõem a parte externa do conjunto e têm contato constante com ações intempéricas como chuva e sol, elevando a incidência de proliferação de fungos e acelerando a deterioração do material (CRUZ, 2022). Por consequência, a deterioração da madeira reduz o tempo entre reparos e manutenções, gerando variáveis onerosas de manutenção da obra.

Na visão de Rovaris (2019) a madeira, assim como qualquer matéria-prima de origem orgânica, apresenta uma sucessão de condições que devem ser consideradas na utilização da peça, desde o manuseamento até a manutenção contra as patologias. Ainda assim a madeira é vista como um excelente material para construção civil em aspectos de conforto, plasticidade no projeto, durabilidade e agilidade de montagem, porém necessita de ações sustentáveis para a destinação dos resíduos gerados.

A implementação de medidas visando ao uso racional e sustentado do material atribuído à madeira devem considerar desde a minimização dos impactos ambientais da exploração florestal até redução de geração de resíduos e reciclagem dos mesmos, ampliando o ciclo de vida do material pela escolha correta do tipo de recurso às necessidades da construção.

2.3. MADEIRA PLÁSTICA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL

Dada a relevância da sustentabilidade associada à construção civil, o desenvolvimento sustentável busca cada vez mais alternativas novas e eficazes à redução dos impactos de utilização dos recursos naturais nas atividades construtivas, a medida que grande parte são recursos não renováveis e necessitam da racionalização de uso para as futuras gerações.

Segundo Fonseca (2020) os materiais ecológicos podem ser representados por aqueles que não têm impacto ambiental, ou ainda quando é muito baixo e o seu rendimento é semelhante a um material comum. A substituição de materiais tradicionais por ecológicos tem se intensificado pela preocupação com o meio ambiente, levando em consideração o processo de produção ser sustentável, durabilidade, resistência e a contribuição na redução dos impactos pelo mau uso do material.

À vista disso, pode-se citar a madeira ecológica ou madeira plástica como um tipo de material composto por termoplásticos e fibras naturais, isto é, é produzido a partir de plástico proveniente de pós-consumo, e outros materiais como serragem de madeira, fibras vegetais e aditivos (MARCCHIORI, 2017). Por ser um produto fabricado a partir de distintos tipos de plásticos, necessita de um tratamento apropriado e pigmentação ideal para obter a aparência e objetivo semelhante ao da madeira natural.

Jardim (2022) evidencia que os plásticos de origem pós-consumo são materiais na qual o constituinte principal é um polímero, sendo este orgânico e sintético. Sólido em sua condição final, em alguma fase da sua produção foi transformado em fluido e moldado por ação do calor ou pressão, tornando-se rígidos quando resfriados. A durabilidade dos plásticos é uma das causas de ampla utilização, em consequência da estabilidade estrutural, podendo levar séculos para a degradação, necessitando assim do descarte ecologicamente correto.

Junio et al (2016) afirmam que o desenvolvimento de materiais compósitos desempenha um papel significativo para a redução do consumo de plástico e o aperfeiçoamento das propriedades mecânicas. Os compósitos de plástico/madeira são obtidos a partir da utilização de uma resina termoplástica que é utilizada como matriz contínua ou descontinua, sendo reforçados com partículas de madeira aglutinadas com resinas e/ou plásticos reciclados, considerados materiais ambientalmente corretos e suportam até oito ciclos de reciclagem.

Em referência ao tipo de madeira plástica, encontram-se disponíveis no mercado as mais comuns, designadas como Madeira Plástica, Madeira Sintética de PVC e Madeira Ecológica WPC (FERNANDES, 2022). Dentre os principais tipos de madeira plástica, destaca-se a diferença quanto à utilização do plástico, textura, cor e a porcentagem de madeira natural na composição, sendo todas integralmente consideradas sustentáveis.

A madeira plástica caracteriza-se à uma coloração acinzentada, assim, são adicionados alguns pigmentos amarelos e vermelhos para que o produto obtenha a cor de

madeira natural, além de cargas para resultar em propriedades semelhantes ao material tradicional (RODRIGUES, 2015). Possibilita-se introduzir corantes na mistura do material de madeira plástica, fazendo qualquer tonalidade de cor, no entanto, é necessário o resíduo plástico a ser usado seja específico às necessidades do material.

A finalidade da madeira plástica é substituir a madeira natural de forma similar quanto às propriedades, provocando ganhos ambientais como um grande fator de sustentabilidade por todas as implicações positivas que traz para o meio ambiente. Além de remover os resíduos plásticos do meio ambiente, evita o desmatamento e é totalmente reciclado, proporcionando uma destinação adequada ao material, sendo reaproveitados desde o início do processo e ser perda de matéria-prima.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Para alcançar o objetivo proposto, a pesquisa se classifica em quatro categorias: quanto à natureza, objetivos, abordagem e procedimentos técnicos. Quanto à natureza a pesquisa classifica-se como básica. Com relação aos objetivos, classifica-se como exploratória, devido a pesquisa exploratória possuir planejamento flexível, o que permitiu o estudo do tema sob diversos ângulos e aspectos.

Quanto à abordagem a pesquisa pode ser considerada qualitativa. A pesquisa qualitativa se difere da pesquisa quantitativa pelo fato de não utilizar os recursos estatísticos como centro do procedimento de avaliação de um problema (OLIVEIRA, 2002). Por último, quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, onde foi utilizada como fonte de pesquisa para toda a parte do estudo, utilizando-se de material já elaborado por outros autores para embasar a pesquisa.

Para alcançar o objetivo geral de analisar as aplicações da madeira plástica na construção civil como substituto da madeira convencional foram necessárias as seguintes etapas representadas na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma das etapas da pesquisa

Fonte: Autoria própria (2023)

3.1. IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES DA MADEIRA PLÁSTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Esta etapa trata-se de uma revisão sistemática de literatura sobre as principais aplicações da madeira plástica na construção civil. A opção pela revisão sistemática de literatura se deu em razão de que ela possibilita utilizar pesquisas já produzidas e obter conclusões a partir do tema, visando uma aproximação e melhor compreensão da temática. No mês de maio de 2023, foram consultadas as seguintes bases de dados: Scielo e Google Acadêmico. Os termos de busca utilizados: “madeira plástica” e “madeira ecológica”.

O período da busca foi determinado entre os anos de 2013 a 2023. Os filtros utilizados foram: tipo de publicação e área. Os critérios de inclusão foram: acesso aberto, texto completo e publicados na língua portuguesa ou inglesa. Como critérios de exclusão: acesso restrito, artigos duplicados e que não abordavam a temática.

3.2. LEVANTAMENTO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA MADEIRA PLÁSTICA

A análise de conteúdo foi utilizada para levantar o processo de fabricação da madeira plástica. Para isso, buscou-se trabalhos que abordassem as etapas do processo de fabricação, os tipos de plástico que podem ser utilizados para obtenção da madeira plástica, além como os principais aditivos usados na fabricação.

3.3. ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS DO USO DA MADEIRA PLÁSTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Nesta etapa foi utilizada a análise de conteúdo para analisar os benefícios do uso da madeira plástica na construção civil. A análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de análise das comunicações que por meio de procedimentos sistemáticos objetivam descrever o conteúdo das mensagens (BARDIN, 2016). Com isso, buscou-se trabalhos que descrevessem a madeira plástica e suas vantagens para a construção sustentável.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES DA MADEIRA PLÁSTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A princípio foi realizada uma seleção das principais aplicações da madeira plástica na construção civil, através de uma revisão sistemática de literatura, no mês de abril de 2023, com os termos de buscas que foram: “madeira plástica” e “madeira ecológica”. Foram encontrados 35 artigos, quando aplicado, o corte temporal de 2013 a 2023, os artigos diminuíram para 20, após o filtro foram encontrados 18 artigos.

Dos 18 artigos, 4 foram excluídos por ter acesso restrito e que não abordavam a temática. Portanto, foram incluídos 14 artigos, conforme Tabela 1,onde os mesmos atendiam aos critérios de pesquisa,após a leitura desses artigos,se teve uma melhor compreensão para o embasamento do referido artigo.

Tabela 1 – Resumo da literatura encontrada

Autores	Ano	Título
MAIA, S. F. D.; GOMES, M. L. B.; SILVA, R. M.	2013	A substituição da madeira por peças fabricadas de plásticos reciclados na construção civil de casas populares: um apelo à sustentabilidade
PAES, A. L. G.; RIBEIRO, M. V.; MIRACCO, V. B.	2015	Aplicação da madeira plástica na construção civil
MÜLLER, M. S.; TEIXEIRA, F. G.; DUARTE. L. C.	2015	Uso de madeira plástica para fabricação de playgrounds: uma proposta de inovação para substituir a madeira natural
SILVA, A. J. et al.	2016	Características comparativas da madeira plástica com a madeira convencional
COSTA, F. M. F.	2018	Madeira plástica reciclável e ecologicamente correta: análise da inflamabilidade e resistência
GOMES, C. M. G.; NERES, G. S.	2018	Análise comparativa de custo entre fôrmas de madeira plástica e fôrmas metálicas na construção de vigas e pilares de uma edificação em Serra – ES
JUNIOR, A. B. P. et al.	2019	A madeira plástica e seus efeitos e vantagens para a construção sustentável
ROSÁRIO, E. O.; FILHO, A. O. C.	2019	O incentivo do uso de madeira biosintética em construções de casas pré-fabricadas
KIELING, A. C. et al.	2019	Compósitos de madeira plástica: considerações gerais
CATTO, A. L. et al.	2019	Biodegradabilidade de madeira plástica produzida a partir de resíduo plástico urbano e da indústria madeireira
JUNIOR, N.P.	2020	Fôrmas plásticas recicláveis para concreto armado
SÁ, A. M. et al.	2021	A relevância da utilização sustentável da madeira plástica na engenharia civil no mundo globalizado
BRITO, H. L. et al.	2022	Análise sobre utilização da madeira plástica: aplicação
ISAZA, C. A.; YEPES, W. U.; MENA, J.	2022	Desempenho mecânicos de compostos de Madeira Plástica de Matriz Poliolefina

Fonte: Autoria própria (2023)

Baseado nos resultados alcançados pelas pesquisas foi possível identificar as principais aplicações da madeira plástica na construção civil. A madeira plástica é um excelente material composto de plástico que pode substituir a madeira natural em diversas aplicações na construção civil.

O uso da madeira plástica se dá, principalmente, em ambientes decorativos e em construções leves. Conforme Sanches (2011) a madeira plástica pode ser utilizada em ambientes externos como, pergolados, galpões industriais, decks, andaimes, revestimentos de parede, dentre outros. A aplicação da madeira plástica na construção civil agrega versatilidade e valor ao projeto, sendo um dos materiais mais sustentáveis para utilizar em obras.

Para Marcchiori (2017) a aplicação da madeira plástica em revestimentos de parede é uma excelente opção estética e durável para ambientes externos e internos. A madeira plástica apresenta a mesma aparência de uma madeira natural, entretanto, com a vantagem de ser mais resistente à umidade e água.

Paes, Ribeiro e Miracco (2015) utilizaram a madeira plástica como tablado da Ponte Pênsil em São Vicente, um patrimônio tombado pelo governo. Os autores concluíram que a madeira plástica apresentou um excelente desempenho, principalmente

por sua resistência a corrosão, umidade e alta durabilidade, tendo em vista condições de tráfego, salinidade, chuva e ventos.

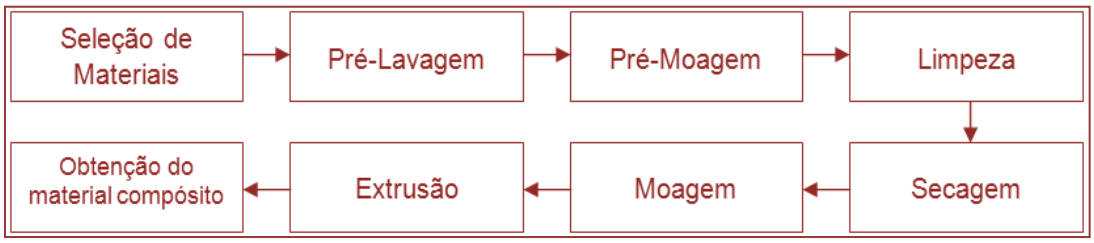
De acordo com Oliveira (2015) a madeira plástica pode ser utilizada como fôrmas de concreto nas quais é jogado o concreto fresco para fazer a estrutura da edificação.A tábua de madeira plástica para construção é uma solução que vem ganhando cada vez mais espaço no mercado, apresentando peças com a mesma resistência de uma madeira natural, além como ser um material com vida útil elevada, resistente e economicamente.

Dessa forma, pode-se concluir que a madeira plástica vem conquistando cada vez mais espaço no setor da construção civil como substituto de materiais como madeira natural, concreto e aço. A madeira plástica apresenta características únicas, sendo resistente a impactos, é impermeável, imune à ação de cupins e do tempo.

4.2. LEVANTAMENTO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA MADEIRA PLÁSTICA

Nessa etapa foi realizado o levantamento do processo de fabricação da madeira plástica. Paula e Costa (2017) salientam que o processo de produção da madeira plástica requer bastante conhecimento nas áreas de processamento e mistura de polímeros, além como uma avaliação da cadeia reversa, que compõem as etapas da coleta do material, lavagem, moagem, identificação dos plásticos e processamento. A Figura 2 mostra o fluxograma do processo de fabricação da madeira plástica.

Figura 2. Fluxograma do processo de fabricação da madeira plástica



Fonte: Zanela (2021)

A primeira etapa do processo de fabricação da madeira plástica é a coleta da matéria prima que é o lixo plástico. De acordo com Fernandes (2022) vários tipos de plásticos podem ser reciclados para a produção da madeira plástica, tais como: PP, PET, PEAD e PVC. Todos esses plásticos reciclados possuem as mesmas características que permitem seu reaproveitamento.

Após a coleta da matéria prima, o plástico é limpo e separado por gênero (colorido e branco). Em seguida, o plástico é lavado e moído, formando grânulos. A terceira etapa consiste no reprocessamento no plástico. Conforme Costa (2018) os grânulos juntamente com os aditivos são levados para a extrusora para serem homogeneizados. Na última etapa o material sai da extrusora para um tanque de resfriamento para acondicionar a temperatura final do produto, e por fim, ocorrem os acabamentos finais para atender as principais necessidades do produto desejado.

Uma das grandes dificuldades no processo produtivo da madeira plástica é encontrar fornecedores da matéria prima para uma produção em larga escala. Oliveira

(2013) alega que a fabricação da madeira plástica esbarra em um grande problema que é a ausência da coleta seletiva no Brasil, onde os plásticos vão parar em lixões ou aterros.

4.3. ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS DO USO DA MADEIRA PLÁSTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A madeira plástica apresenta diversos benefícios para uso na construção civil, uma das principais é ter menos probabilidade de sofrer ação de umidade, cupins, mofo e problemas mais comuns em madeiras tradicionais não tratadas. Ela também tem uma excelente resistência a produtos como solventes e cloro, além como permitir a limpeza com sabão e água sem comprometer a sua qualidade.

A madeira plástica é um material bastante leve, o que facilita no manuseio, transporte e instalação das peças. De acordo com Junior (2020) o manuseio da madeira plástica é bastante seguro, visto que não solta farpas como acontece com a madeira natural, e a sua facilidade de encaixe traz rapidez para a obra.

Para fixações a madeira plástica possuir um maior agarre, tanto de parafusos, quanto de pregos, e devido a sua baixa absorção de umidade, não colabora para oxidação destes, protegendo-os como um protetor plástico. Conforme Kieling (2019) a madeira plástica é um material de alta durabilidade, podendo superar os 50 anos, devido a ser um material sujeito a menos desgastes por conta da umidade. A Figura 3 mostra outros benefícios da madeira plástica na construção civil.

Figura 3. Benefícios da madeira plástica na construção civil

Fonte: Meio ambiente e construção (2023)

Segundo Costa (2018) a madeira plástica apresenta uma maior resistência ao fogo em comparação com a madeira natural, devido à sua composição. Isso pode contribuir para melhorar a segurança em estruturas construídas com esse material. Entretanto, o principal benefício da utilização da madeira plástica é a diminuição na demanda por madeira natural, o que ajuda a preservar as florestas e ecossistemas naturais.

Desta forma, são inúmeros benefícios que a madeira plástica pode proporcionar para a construção civil, podendo substituir diversas madeiras raras, como a maçaranduba

ou itaúba, em muitas aplicações onde qualquer de suas propriedades, como a resistência à água, sejam desejadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste artigo foi analisar as aplicações da madeira plástica na construção civil como substituto da madeira convencional. A substituição de materiais naturais por ecológicos vem se tornando uma prática cada vez mais comum, devido a preocupação com o meio ambiente, levando em consideração o processo de produção ser sustentável, durabilidade, resistência e a contribuição na redução dos impactos pelo mau uso do material. A aplicação da madeira plástica na construção civil agrega versatilidade e valor ao projeto, sendo um dos materiais mais sustentáveis para utilizar em obras.

Como primeiro objetivo específico o estudo buscou realizar a identificação das principais aplicações da madeira plástica na construção civil. Constatou-se que a utilização da madeira plástica se dá, principalmente, em construções leves e ambientes decorativos. Entretanto, a madeira plástica pode também ser aplicada em ambientes externos como, galpões, pergolados, andaimes, decks, fôrmas de concreto, revestimentos de parede, dentre outros.

Outro objetivo específico foi o levantamento do processo de fabricação da madeira plástica. Foi observado que o processo de fabricação da madeira plástica é composto por cinco etapas, sendo elas: coleta do material, lavagem, moagem, identificação dos plásticos e processamento. Para o processo de fabricação da madeira plástica requer uma avaliação da cadeira reversa, além como bastante conhecimento nas áreas de mistura e processamento de polímeros.

Além disso, o estudo também teve como objetivo específico a análise dos benefícios do uso da madeira plástica na construção civil. Pode-se concluir que o principal benefício da madeira plástica é a sua alta durabilidade, podendo superar os 50 anos, devido ser um material sujeito a menos desgastes por conta da umidade. Além como outros benefícios, como, alta resistência ao impacto, não trinca, baixa manutenção, baixa propagação de chamas, antiderrapante, dentre outros.

Quanto à hipótese da pesquisa, a utilização da madeira plástica atribui-se à uma nova alternativa na construção civil para substituir o uso da madeira natural, além de serem altamente duráveis, possuem características mecânicas e físico-químicas iguais ou até melhores que as da madeira natural, apresentando uma destinação correta do material e contribuindo significativamente para a redução dos impactos ambientais. Atestou-se que além das excelentes propriedades físico-mecânicas, a maior vantagem da madeira plástica é a preservação ambiental.

Diante disso, a presente pesquisa faz as seguintes sugestões para futuros trabalhos: estudos com ensaios de laboratório para a obtenção de parâmetros que comprovem a eficiência da madeira plástica em substituição da madeira natural na construção civil, mostrando dados das propriedades físico-mecanicas.

REFERÊNCIAS

[1] ALMEIDA, A. C. S. O. **Aspectos socioeconômicos do desperdício de material na construção civil. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.** Monografia. Curso de Engenharia Civil, 2021.

[2] BRITO, H. L. et al. **Análise sobre utilização da madeira plástica: aplicação.** VI Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN), 2022.

[3] CAVALCANTE, G. S. **Práticas sustentáveis na construção civil: um estudo de caso exploratório sobre a construção do hospital regional do Alto Sertão em Delmiro Gouveia – AL.** Universidade Federal de Alagoas. Monografia. Curso de Engenharia Civil, 2022.

[4] CATTO, A. L. et al. **Biodegradabilidade de madeira plástica produzida a partir de resíduo plástico urbano e da indústria madeireira.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

[5] COSTA, F. M. F. **Madeira plástica reciclável e ecologicamente correta: análise da inflamabilidade e resistência.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC 2018.

[6] BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo.** Trad. Luís Antero Reto. São Paulo: Edições 70, 2016. 279 p

[7] CRUZ, J. G. B. **Madeira engenheirada: uma revisão bibliográfica.** Universidade Federal de Santa Catarina. Monografia. Curso de Engenharia Florestal, 2022.

[8] FERNANDES, P. O. **Proposta de destinação dos resíduos de embalagens de garrafa pet de uma linha de produção.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola de Química, 2022.

[9] FILHO, F. A. C. C. **Projeto de habitação social sustentável para famílias de um acampamento no semiárido cearense.** Universidade Federal do Ceará. Monografia. Curso de Engenharia Civil, 2022.

[10] FONSECA, J. L. G. **Estudo da gestão e principais aplicações dos resíduos da construção civil (RCC).** Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Monografia. Curso de Graduação em Engenharia Civil, 2020.

[11] GOMES, C. M. G.; NERES, G. S. **Análise comparativa de custo entre fôrmas de madeira plástica e fôrmas metálicas na construção de vigas e pilares de uma edificação em Serra – ES.** Faculdade Capixaba da Serra – MULTIVIX, 2018.

[12] HABOWSKI, D. **Estudo da viabilidade da utilização de madeira de reflorestamento como material de construção para casas de pequeno porte.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Monografia. Curso de Engenharia Civil, 2018.

[13] ISAZA, C. A.; YEPES, W. U.; MENA, J. Desempenho mecânicos de compostos de Madeira Plástica de Matriz Poliolefina. **Rev. Lasallista Investig**. [online]. 2022. vol.19, n.1, pp. 265-284, 2022.

[14] JARDIM, L. P. **Madeira proveniente da construção civil: alternativas para o reaproveitamento e reciclagem para a sociedade.** Faculdade de Educação e Meio Ambiente. Monografia. Curso de Graduação em Engenharia Civil, 2022.

[15] JUNIOR, N. P. **Fôrmas plásticas recicláveis para concreto armado.** Science and Education Research Organization, v.7, 2020.

[16] JUNIOR, A. B. P. et al. **A madeira plástica e seus efeitos e vantagens para a construção sustentável.** XVI Encontro Anual de Produção Científica, UNIUV, 2019.

[17] JUNIO, S. A; BRANDÃO, S. E.; FERNANDES, A. R.; MOREIRA, S. M. Y.; **Características Comparativas Da Madeira Plástica Com A Madeira Convencional.** Vozes Dos Vales: Publicações Acadêmicas, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, v. V, ed. 10, p. 1-18, 2016.

[18] KIELING, A. C. et al. **Compósitos de madeira plástica: considerações gerais.** Scientia Amazônia, v. 8, n.1, B1-B14, 2019.

[19] MARCCHIORI, T. S. **Avaliação do compósito madeira plástica para uso na construção civil. Universidade Federal do Espírito Santo.** Monografia. Engenharia Industrial Madeireira, 2017.

[20] MAIA, S. F. D.; GOMES, M. L. B.; SILVA, R. M. **A substituição da madeira por peças fabricadas de plásticos reciclados na construção civil de casas populares: um apelo à sustentabilidade.** XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2013.

[21] MAC – MEIO AMBIENTE E CONSTRUÇÃO. **Madeira Plástica – ótimo material sustentável.** 2023. Disponível em: https://mac.arq.br/madeira-plastica-otimo-material-sustentavel/. Acesso em: 29 de maio de 2023.

[22] MÜLLER, M. S.; TEIXEIRA, F. G.; DUARTE. L. C. **Uso de madeira plástica para fabricação de playgrounds: uma proposta de inovação para substituir a madeira natural.** E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial, Florianópolis, v. 8, n. 1, 2015.

[23] NASCIMENTO, E. R.; MORAIS, D. P. F.; LOPES, S. C. **Sustentabilidade na construção civil no Brasil: Uma revisão da literatura.** Research, Society and Development, v. 11, n. 14, 2022.

[24] OLIVEIRA, T. Y. M. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Monografia. Curso de Engenharia Civil, 2015.

[25] OLIVEIRA, E. M. R. DE. **Madeira plástica.** Salvador: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2013.

[26] OLIVEIRA, S. L. **Tratado de Metodologia Científica.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

[27] PAES, A. L. G.; RIBEIRO, M. V.; MIRACCO, V. B. **Aplicação da madeira plástica na construção civil.** Conic-Semesp, 15ª Edição do Congresso Nacional de Iniciação Científica, 2015.

[28] ROVARIS, C. **Estudo para ampliação do uso da madeira para a construção de habitações no Brasil.** Universidade Federal da Integração Latino Americana. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPG ECI), 2019.

[29] ROSÁRIO, E. O.; FILHO, A. O. C. **O incentivo do uso de madeira biosintética em construções de casas pré-fabricadas.** Instituto de Ensino Superior Fucapi (CESF), Manaus – AM, 2019.

[30] RODRIGUES, K. T. M. **Reciclagem de resíduos plásticos para produção de madeira plástica em Petrolina-PE: cenário atual e perspectivas.** Universidade Federal do Vale do São Francisco. Monografia. Curso de Graduação em Engenharia de Produção, 2015.

[31] SILVA, A. J. et al. Características comparativas da madeira plástica com a madeira convencional. **Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas**, QUALIS/CAPES – LATINDEX Nº. 10 – Ano V – 10/2016.

[32] SOUSA, A. A. P.; CRUZ, D. B. P.; CORREA, M. P. & GOMES, C. A responsabilidade ambiental na formação do engenheiro civil. **Revista do CEDS: Periódico do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB**, 2015.

[33] SÁ, A. M. et al. **A relevância da utilização sustentável da madeira plástica na engenharia civil no mundo globalizado.** III Fórum Acadêmico da Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX, 2021.

[34] TECHIO, E. M.; GOLÇALVES, J. P.; COSTA, P. N. **Representação social da sustentabilidade na construção civil: a visão de estudantes universitários.** Ambiente & Sociedade. São Paulo. v. 19, n. 2, p. 187-204, 2016.

[35] YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O. V.; NÄÄS, I. A. **Sustentabilidade na Construção Civil.** Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World–Sao Paulo, Brasil de, v. 18, 2011.

[36] ZANELA, W. C. **Plantio de madeira para construção civil enfoque na cultura do Pinus.** Universidade do Sul de Santa Catarina. Monografia. Curso de Agronomia, 2021.

Capítulo 6

Patologias das lajes maciças em obras civis: uma revisão de literatura

Marcelo de Souza Pereira Júnior

Resumo: As lajes de concreto são estruturas muito utilizadas na construção civil, formando superfícies planas e horizontais. Este estudo pretende levantar os erros posteriores a execução de lajes maciças de concreto em obras residenciais do tipo unifamiliar popular. O objetivo geral é avaliar as patologias apresentadas após a execução de lajes maciças de concreto em obras civis. Para isso, será essencial estar identificando as principais manifestações patológicas, avaliando os impactos das falhas na sua confecção e analisando a viabilidade de medidas preventivas. Com isso, torna-se necessário caracterizar eventuais anomalias, adotar medidas corretivas e estabelecer medidas de prevenções dos problemas mencionados. Diante dos resultados encontrados, pode-se identificar que a confecção de lajes maciças de concreto em muitos casos pode "deixar a desejar" em seus processos executivos principalmente em parâmetros que as normas regulamentadoras estabelecem. É aconselhável que se sigam essas diretrizes de caráter técnico, pois possíveis ausências de profissionais habilitados e uso de materiais de baixa qualidade são aspectos que também influenciam no surgimento dessas alterações; com isso, espera-se minimizar esses eventos patológicos.

Palavras-chave: Laje de Concreto. Obra Residencial. Patologias.

1. INTRODUÇÃO

O tema "laje de concreto" é relevante tanto por curiosidade quanto pornecessidade ou urgência. Há pessoas que se interessam pela construção civil e dentro dessa área, por saber como as lajes são produzidas. Além disso, em situações de urgência, como o surgimento de problemas com a laje de um edifício, é importante ter conhecimento sobre como ela foi construída para diagnosticar e solucionar o problema de forma segura e eficiente.

Na construção civil, a laje é um elemento estrutural essencial para permitir a construção de múltiplos andares e também serve como cobertura. O volume de concreto utilizado torna as estruturas robustas e sua confecção envolve uma série de etapas desde o preparo do terreno, instalação das fôrmas de lajes (cuja função é dar forma e suporte ao concreto líquido), aplicabilidade de armaduras de aço que fornecem reforço, resistência e ajudaa combater esforços, e por último, seu lançamento e cura do concreto. O objetivo geral deste artigo é realizar um estudo bibliográfico sobre como avaliar as patologias apresentadas após a execução de lajes maciças de concreto em obras residenciais unifamiliares.

A patologia em obras civis acontece quando as construções apresentam defeitos ou não atendem mais às funções para as quais foram projetadas e em decorrência dessas manifestações, deve-se ser realizado seu reparo. Academicamente, a relevância do tema é grande, visto o acelerado processo de uso das lajes devido ao crescente aumento populacional e de ocupação do solo, muitas vezes realizadas sem as supervisões de profissionais, futuramente podendo ocasionar manifestações patológicas. As informações do estudo oferecem auxílio nas instruções e orientações para os futuros profissionais de engenharia civil, para saber quais são os pontos importantes que devem ser avaliados em uma laje maciça visando suprimir ou minimizar esses defeitos.

Como hipótese compreende-se que as lajes de concreto são essenciais para o desenvolvimento urbano, principalmente por permitir o crescimento de estabelecimentos verticalmente, contudo, torna-se essencial que durante sua confecção medidas preventivas sejam aplicadas para evitar futuros acidentes, pois ainda é muito comum sua fabricação por meio de conhecimentos adquiridos de forma empírica, seguindo vícios construtivos.

A fundamentação teórica será estruturada da seguinte forma: lajes de concretona construção civil; execução de lajes maciças de concreto e patologias em lajes maciças de concreto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. LAJES DE CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As lajes de concreto são elementos estruturais importantes na engenharia civil, utilizado como base para assoalhos, coberturas e mezaninos. Elas são indispensáveis para a estabilidade e resistência das estruturas de construção, proporcionando espaço utilizável e seguro (ALMEIDA, 2017).

Essas estruturas são formadas por uma mistura de cimento, areia, cascalho e água, tornando-as materiais fortes e duráveis. Também é reforçado com armaduras que fornecem resistência à tração. A combinação de concreto e reforço cria uma estrutura capaz de absorver cargas perpendiculares e horizontais e garantir a estabilidade do

edifício (CEBEU *et al*., 2021).

As lajes de concreto têm alta resistência, altas cargas concentradas e distribuídas. Isso certifica a estabilidade da estrutura e a segurança dos moradores. Além disso, as lajes de concreto outorgam diferentes formas e aberturas livres, permitindo a criação de espaços amplos e flexíveis. Sua versatilidade estrutural a torna ajustável a uma variedade de projetos e necessidades (CEBEU *et al*., 2021).

Devido à sua massa e densidade, as lajes de concreto proporcionam uma boa isolação térmica e acústica, garantindo o conforto e eficiência energética dos ambientes interiores. Além disso, o concreto é resistente à danificação e ao desgaste. As lajes de concreto necessitam de manutenção mínima ao longo do tempo, o que permite reduzir os custos posteriores com manutenção (ALMEIDA, 2017).

Esses tipos de lajes são extensivamente utilizados na construção de edifícios residenciais e comerciais, ofertando estabilidade estrutural e espaços funcionais para diversos usos como moradias, escritórios e lojas. Nas obras de infraestrutura, as lajes de concreto são empregadas na construção de pontes e viadutos para suportar as cargas do tráfego e proporcionar segurança aos usuários (CEBEU *et al*., 2021).

Portanto, são componentes estruturais importantes na engenharia civil. Proporcionam resistência, versatilidade, isolamento térmico e acústico, durabilidade e baixa manutenção. O uso correto e planejado garante a segurança da edificação e eficiência estrutural, concedendo mais conforto e qualidade de vida aos usuários (ALMEIDA, 2017).

2.2. EXECUÇÃO DE LAJES MACIÇAS DE CONCRETO

A execução de grandes lajes de concreto é uma etapa importante da engenharia civil que precisa planejamento, técnica e cuidado para assegurar aeficiência e segurança da estrutura. Nesse processo, é importante considerar a seleção de materiais, o projeto a preparação da superfície, a montagem das armaduras, a colocação do concreto e das armaduras (DALDEGAN, 2016).

Antes de iniciar a colocação da laje, é essencial preparar o terreno e garantir a limpeza e nivelamento da superfície e a remoção de qualquer material que possa prejudicar a aderência do concreto. Em seguida, o reforço é montado. colocado de acordo com as especificações do projeto e preso com cílios apropriados (DONIAK, 2014).

Após a montagem das armaduras, o piso é vazado consistindo em assentamento e concreto compactado. O concreto é lançado em camadas finas e compactadas por meio de vibradores mecânicos, que certificam a uniformidade e densidade da mistura. É importante monitorar a espessura e a inclinação da laje durante a execução evitando possíveis deformações (DALDEGAN, 2016).

Uma vez que o concreto foi derramado e compactado, a laje deve ser adequadamente curada para garantir resistência e durabilidade. A cura pode ser obtida por métodos como umedecimento permanente, uso de membranas curadas ouaplicação de alguns produtos químicos (DALDEGAN, 2016).

Em todo o processo de aplicação de lajes maciças de concreto, é importante seguir normas técnicas que garantem a qualidade e segurança da estrutura. Além disso, é de extrema importância recontar com profissionais qualificados e experientes, capazes de realizar seu trabalho com eficiência e responsabilidade. O projeto adequado de lajes de

concreto é essencial para garantir a eficiência da construção e a segurança estrutural (DONIAK, 2014).

2.3. PATOLOGIAS EM LAJES MACIÇAS DE CONCRETO

Grandes lajes de concreto, que efetivam importante papel na estrutura das construções podem sofrer alterações ao longo do tempo. Estas patologiaspodem ocorrer devido a uma série de fatores como mau acabamento, uso inadequado, falta de manutenção e até mesmo situações ambientais desvantajosas. Entender as principais patologias que podem acometer lajes maciças de concreto é fundamental para identificar precocemente os problemas e tomar as ações corretivas necessárias (NARDI, 2016).

As trincas são uma das doenças mais comuns de grandes lajes de concreto. Elas podem aparecer tanto na superfície da laje quanto no interior o que viola não apenas a estética, mas também a estanqueidade da água e a segurança da estrutura.

As rachaduras são orifícios lineares que aparecem na superfície da laje. Elas podem ser causadas por sobrecargas, diferenças no movimento do solo, vibração, retração do concreto e outros fatores. As rachaduras também podem reduzir a densidade e a resistência do piso (PIEPER; OLIVEIRA, 2021).

Outra patologia preocupante é o deslocamento, que acontece quando existe perda de aderência entre o concreto e a couraça. Este problema pode ocorrer por conta dos defeitos de execução da laje ou insuficiente aderência à armadura. O movimento ameniza a estabilidade da estrutura e pode levar à erosão da laje de concreto, o que representa um grande risco (SOARES; SANTANA; NASCIMENTO, 2016).

A deformação também é uma patologia que pode afetar diversas lajes de concreto. Elas podem ser criadas por fatores como sobrecarga excessiva, deformaçãodas armaduras, encurtamento do concreto. A deformação afeta a estabilidade do painel e pode causar saliências e irregularidades na superfície (NARDI, 2016).

Por fim, a corrosão das armaduras é um problema comum em lajes de concreto, principalmente em regiões litorâneas ou com alta umidade. A exposição contínua à umidade e abrasivos pode levar ao desgaste do reforço, reduzir a força e resultar na capacitância de construir a estrutura da laje de concreto (PIEPER; OLIVEIRA, 2021).

A prevenção e eliminação dessas doenças é necessária para garantir a durabilidade e segurança de grandes lajes de concreto. É importante realizarverificações regulares e identificar e corrigir problemas o mais cedo possível. Na execução, manutenção e reparo de lajes de concreto devem estar envolvidos profissionais qualificados e experientes, de acordo com as normas técnicas e de segurança aplicáveis. Desta forma, a estabilidade e durabilidade dos pisos de concreto maciço podem ser garantidas (PIEPER; OLIVEIRA, 2021).

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Este estudo classifica-se como de natureza aplicada, descritivo, com abordagem qualitativa e procedimento bibliográfico e documental. A pesquisa de natureza aplicada é aquela que busca a geração de conhecimento científico, para seter uma utilização prática.

O estudo descritivo tem como propósito descrever as características de determinado fenômeno ou problema de pesquisa, sem necessariamente buscarexplicar

suas causas ou relações de causa e efeito.

Conforme Galvão e Ricarte (2019, p. 167), "[...] os estudos de revisão consistem em organizar, esclarecer e resumir as principais obras existentes, bem como fornecer completas citações abrangendo o espectro de literatura relevante na área". Por meio de uma revisão bibliográfica, a análise e dedução do conhecimento construído sobre um determinado tema partem de uma questão central de pesquisa e procura reconhecer estudos que, a partir de fontes primárias, atendam à questão posicionada pelo pesquisador.

Para alcançar o objetivo geral de realizar um estudo bibliográfico sobre como avaliar as patologias apresentadas após a execução de lajes maciças de concreto em obras unifamiliares foram necessárias as seguintes etapas representadas na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma das etapas do estudo

Fonte: Autoria própria (2023).

3.1. IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Para realizar uma revisão sistemática sobre o tema de como identificar as principais manifestações patológicas na execução de lajes maciças de concreto, os termos de busca a serem utilizados poderiam incluir: lajes maciças; concreto; manifestações patológicas; fissuras; deformações; armaduras e diagnóstico.

Esses termos foram escolhidos com base na conversão para o objetivo da revisão e na literatura relevante sobre o assunto. As bases de dados ou plataformasde busca a serem utilizadas poderiam incluir*: Scopus*; *Web of Science* e SciELO; Vila de engenharia e *Google Scholar*. Essas bases foram selecionadas por sua proteçãopara a área de engenharia civil e sua cobertura de literatura relevante sobre o assunto.

O corte temporal poderia ser definido como o período de 10 anos anterior à data da busca, ou seja, de 2013 a 2023. Esse período foi escolhido por ser considerado relevante para a identificação de literatura atualizada sobre o tema. Os filtros aplicados durante a busca bibliográfica poderiam incluir a limitação por idioma (português, espanhol e inglês) e exclusão de estudos que não estivessem disponíveis em formato eletrônico ou que não estivessem relacionados diretamente ao tema da revisão.

Os critérios de inclusão poderiam incluir estudos que abordassem especificamente o tema de manifestações patológicas em lajes maciças de concreto, incluindo os que descrevem a etiologia, os tipos, as consequências e o diagnóstico dessas manifestações. Os critérios de exclusão poderiam incluir estudos que não fossem relevantes para o objetivo da revisão, estudos que não estivessem disponíveis em formato eletrônico ou que não estivessem diretamente relacionados ao tema da revisão.

3.2. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DOS ERROS

A segunda seção implementada na metodologia destina-se em avaliar o impacto dos erros por meio de suas gravidades e seus prejuízos causados em obras,propondo medidas corretivas por meio das obras literárias. Para realizar uma revisão bibliográfica sistemática sobre o tema de avaliação dos impactos de erros nas lajes, os termos de busca a serem utilizados poderiam incluir: lajes; erros em lajes; desempenho; avaliação de lajes.

Esses termos também foram escolhidos com base na conversão para o objetivo da revisão e na literatura relevante sobre o assunto. As bases de dados ou plataformas de busca a serem utilizadas poderiam incluir: *Scopus; Web of Science*; SciELO; Vila de engenharia e Google Scholar.

Essas bases foram selecionadas por sua proteção para a área de engenharia civil e sua cobertura de literatura relevante sobre o assunto. O corte temporal poderia ser definido como período de 10 anos anterior à data da busca, ou seja, de 2013 a 2023. Os filtros empregados durante a busca bibliográfica podem incluir restrições de dialeto (português, espanhol e inglês) e a exclusão de estudos que não estivessem disponíveis em formato eletrônico ou que não tivessem relação direta com o tema darevisão.

Os critérios de inclusão poder incluir estudos que abordassem especificamentea questão da avaliação de erros de lajes, incluindo estudos que descrevem os tipos de erros mais usuais, como consequências desses erros no desempenho da laje, dependendo dos técnicos e metodologias utilizadas, impactos e possíveis soluções para mitigar ou corrigir esses impactos. Os critérios de exclusão podem incluir estudos que não sejam relevantes para o objetivo da revisão, estudos que não estejam disponíveis eletronicamente ou que não estejam diretamente relacionados ao assuntoda revisão.

Por fim este estudo será norteado por análise de conteúdo para identificar as patologias mais frequentes, caracterizando eventuais anomalias.

3.3. ANÁLISE DA VIABILIDADE DAS MEDIDAS DE PREVENÇÕES

Para realizar uma revisão sistemática sobre o tema de medidas de prevenção em engenharia civil, os termos de busca a serem utilizados poderiam incluir: engenharia civil; medidas de prevenção; segurança; riscos e acidentes. Esses termosforam escolhidos com base na conversão para o objetivo da revisão e na literatura relevante sobre o assunto. As bases de dados ou plataformas de busca também poderiam incluir: *Scopus; Web of Science*; SciELO; vila de engenharia e Google Scholar. Esses bancos de dados foram escolhidos por seu patrocínio à profissão de engenheiro civil e por sua cobertura de literatura relevante sobre o assunto. O períodode tempo pode ser definido entre 2013 e 2023.

Os filtros aplicados durante a busca bibliográfica podem incluir limitações de dialeto (português, espanhol e inglês). Os critérios de inclusão podem classificar estudos que abordassem especificamente o tema das medidas preventivas na engenharia civil, compreendendo estudos que as descrevessem em diferentes ramos da engenharia civil. Os critérios de exclusão podem classificar estudos que não sejam relevantes para o objetivo da revisão, estudos que não estejam disponíveiseletronicamente ou que não estejam diretamente relacionados ao assunto da revisão.

Por fim, a última etapa dos procedimentos metodológicos é destinada em analisar a viabilidade dos cuidados necessários através das normas regulamentadoras e seus critérios técnicos que especificam os procedimentos construtivos para cada caso, a

fim de estabelecer medidas de prevenções efetivas dos problemas mencionados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Foram encontrados 56 artigos sobre o tema; contudo, 49 foram excluídos por não atender aos critérios de inclusão (apresentavam data superior a 10 anos; ausência de resumo relacionado ao tema e indisponibilidade do arquivo na íntegra em portais eletrônicos ou ainda, trabalhos repetidos). Para visualização e organização, os dados, serão apresentados na Tabela 1. A seguir, serão discutidos os achados mais importantes de cada trabalho.

Tabela 1 – Artigos selecionados para o estudo

AUTOR	TÍTULO	ANO
Pieper e Oliveira	Aplicação dos pré-moldados na construção civil	2021
Nard	Comparação de custos na execução de prédios com estrutura pré-moldada e estrutura convencional em concreto armado	2016
Soares, Santana e Nascimento	Aplicação dos pré-moldados na construção civil	2016
Caio	Análise comparativa entre sistemas estruturais de lajes maciças e nervuradas treliçadas	2014
Stolz	Manifestações patológicas em edificação histórica no Vale dos Sinos/RS	2020
Silva	Identificação de manifestações patológicas em pontes de concreto armado e metálicas	2022
Costa Oliveira	Identificação de Manifestações Patológicas em Pavimentos Asfálticos na Cidade de Santa Margarida-MG	2019

Fonte: Autoria própria (2023).

De acordo com Caio (2014), a identificação das principais manifestações patológicas em lajes de concreto é de grande importância para a reparação prevenção e restauração de construções. Durante a pesquisa bibliográfica realizada, foram identificadas diversas patologias sofridas pelas lajes, sendo as mais frequentes: trincas, fissuras, deslocamento de armaduras, aderência de armaduras, desprendimento de revestimentos e infiltrações.

As rachaduras são fissuras em que apenas a superfície da laje é danificada, sem afetar sua estrutura. As rachaduras são orifícios profundos que podem afetar a estabilidade do piso. O movimento das armaduras é causado pela perda de aderência entre o concreto e o vergalhão o que ameniza a resistência das lajes de concreto (PIEPER; OLIVEIRA, 2021).

Segundo Soares, Santana e Nascimento (2016), a resistência do reforço acontece devido à exposição as substâncias corrosivas, como umidade e sal, enfraquecendo a estrutura da placa. A descamação do revestimento ocorre devido a falha direcional. A infiltração pode provocar danos ao piso, como por exemplo, corrosão do vergalhão e danificar a estrutura do edifício.

É importante ressaltar que o diagnóstico precoce dessas patologias é fundamental para evitar maiores danos e prejuízos financeiros por meio de reparos e manutenção

preventivas. Além disso, a correta seleção de materiais e a execução da obra podem colaborar para a prevenção de doenças nos painéis (NARD, 2016).

4.2. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DOS ERROS

De acordo com Soares, Santana e Nascimento (2016), para compreender os efeitos adversos que podem surgir durante a execução dos projetos, é fundamental avaliar as consequências dos erros na obra. A gravidade destes erros pode ir desde pequenas imperfeições puramente estéticas até importantes problemas que coloquem em risco a estabilidade e a longevidade das estruturas.

Erros em qualquer trabalho podem ter consequências permanentes. Erros estéticos, como falhas visuais, podem afetar apenas a superfície de uma construção, mas ainda podem ter um impacto significativo na satisfação do cliente e na valorização do imóvel (DA COSTA OLIVEIRA *et al*, 2019).

Por outro lado, erros mais graves podem resultar em sofrimento financeiro e emocional. Em casos como falha na execução de fundações ou dimensionamento incorreto de estruturas, as consequências podem ser terríveis. Isso não apenas coloca os ocupantes em perigo, mas também exige reparos de emergência caros para resolver os problemas em questão (DA SILVA *et al*, 2022).

Além disso, falhas em sistemas elétricos, hidráulicos e HVAC podem levar a falhas operacionais, desperdício de recursos e experiências desagradáveis para os usuários. Tais avarias podem resultar em gastos extras com reparos e revisões, bem como adiamentos na finalização do projeto (SOARES; SANTANA; NASCIMENTO, 2016).

Para sugerir soluções eficientes, é fundamental buscar educação e compreensão por meio da literatura pertinente. Esses trabalhos escritos podem oferecer conselhos inestimáveis sobre métodos ideais e protocolos adequados a serem implementados na execução de tarefas. Além disso, podem fornecer instâncias de erros típicos e suas repercussões, auxiliando na prevenção da repetição de erros já documentados (SOARES; SANTANA; NASCIMENTO, 2016).

As medidas tomadas para corrigir erros dependem do tipo e magnitude do erro. Essas medidas podem abranger a retificação do problema, a substituição de materiais defeituosos, a modificação de protocolos de construção, a instrução da equipe de projeto no local e o aperfeiçoamento dos procedimentos de controle de qualidade (DA COSTA OLIVEIRA *et al*, 2019).

Em essência, é crucial avaliar o impacto dos erros nas obras para verificar sua gravidade e benefícios. Por meio de um exame de obras literárias pertinentes, insights podem ser obtidos para facilitar ações corretivas apropriadas e minimizar a probabilidade de erros repetidos. Essa abordagem garante a qualidade, segurança e eficiência do setor de construção, atende às expectativas do cliente e promove o desenvolvimento sustentável (DA SILVA *et al*, 2022).

4.3. ANÁLISE DA VIABILIDADE DAS MEDIDAS DE PREVENÇÕES

De acordo com Stolz (2020), para garantir a praticidade e durabilidade das ações preventivas, é fundamental um escrutínio abrangente de sua eficácia. Nessa revisão,

elementos relevantes, como benefícios potenciais, despesas, meios acessíveis e influência nas operações, devem ser levados em consideração.

Avaliar os custos da implementação de medidas preventivas é crucial. Engloba custos diretos (equipamentos e materiais) e custos indiretos (treinamento de pessoal, paradas de atividades e possíveis impactos na produtividade). É fundamental verificar a disponibilidade de recursos financeiros e garantir uma relação custo-benefício favorável. Isso representa benefícios de longo prazo, incluindo redução de custos de reparo e retrabalho (PIEPER; OLIVEIRA, 2021).

Na avaliação das medidas de prevenção, deve também ser considerada a entrada de recursos humanos. A implementação adequada exigiria conhecimentos específicos e habilidades técnicas, exigindo uma avaliação da experiência da equipe. Se os membros existentes não tiverem as habilidades necessárias, treinamento adicional e capacitação podem ser necessários. Deve-se levar em consideração também a capacidade de gestão da equipe e a oferta de mão de obra especializada no mercado de trabalho (SOARES; SANTANA; NASCIMENTO, 2016).

Nard (2016), cita em seu estudo que ao avaliar os efeitos das medidas preventivas no funcionamento do local de trabalho, é vital levar em consideração os aspectos financeiros e de recursos humanos. A implementação de certas medidas pode exigir modificações nos procedimentos de tarefas ou introdução de novos protocolos, portanto, é imperativo avaliar a suavidade e a não interrupção de tais modificações para eficiência e produtividade ideais. Além disso, é crucial refletir sobre a probabilidade de tais métodos preventivos atrapalharem as restrições de tempo e até que ponto há espaço de manobra para mudanças.

Tendo em conta os resultados esperados, a avaliação da potencialidade de medidas preventivas é crucial. Os objetivos das medidas sugeridas devem ser explicitamente definidos e as métricas de desempenho estabelecidas para acompanhar sua influência. Como resultado, permitirá determinar se as medidas estão atingindo seus objetivos com sucesso e se são eficazes para aumentar a segurança, excelência e durabilidade do trabalho (NARD, 2016).

As medidas propostas devem ser submetidas a uma análise criteriosa envolvendo recursos humanos, custos, efeitos nas operações e resultados esperados. Esse processo é indispensável para garantir que as medidas sejam funcionais, viáveis e possam ser adequadamente implementadas. Com essa revisão cautelosa, podemos estimular a prevenção de problemas que otimizarão a execução das obras, criando um ambiente mais seguro, ecologicamente correto e eficiente (PIEPER; OLIVEIRA, 2021).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à frequente ocorrência de patologias de lajes de concreto em edificações residenciais unifamiliares, foi realizado um estudo bibliográfico para avaliar essas questões. O estudo ajudou os investigadores a entender as complexidades envolvidas nesse tipo de trabalho de construção e deu a eles ideias interessantes sobre como esses defeitos estruturais podem ser evitados.

Por meio desta pesquisa, deparamo-nos com inúmeros problemas que normalmente surgem com grandes lajes de concreto, como rachaduras, delaminação e fissuras. Esses problemas não apenas impactam no valor estético da estrutura, mas

também comprometem sua funcionalidade e durabilidade, levando a prejuízos financeiros significativos. Felizmente, uma extensa leitura revelou que a maioria dessas patologias pode ser evitada seguindo práticas de construção adequadas e usando medidas corretivas apropriadas.

Em meio às diversas constatações, destacou-se que um projeto que leve em consideração características do solo, cargas atuantes e especificações técnicas adequadas não pode ser subestimado e deve ser executado com sabedoria. Isso é essencial para impedir a ocorrência de problemas de saúde. Uma inspeção eficiente para garantir a conformidade com as normas técnicas e a execução precisa dos procedimentos de construção é igualmente importante para garantir o bem-estar de enormes lajes de concreto incorporadas em propriedades residenciais.

Tais patologias na execução de lajes maciças de concreto em obras residenciais unifamiliares foram trazidas à tona com este artigo, trazendo contribuições significativas para o nosso entendimento. Ao identificar medidas preventivas e corretivas, essas informações garantem maior qualidade e durabilidade nas construções, evitando ou minimizando esses problemas.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: projeto de estruturas de concreto – procedimento**. Rio de janeiro, 2014.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.931: projeto de estruturas de concreto – procedimento**. Rio de Janeiro,2004.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14860-1: Laje préfabricada-Pré-laje-Requisitos.** Rio de Janeiro,2002.

[4] ALMEIDA, J.F. **Influency Marketing: A new vision to sales conversion**. 2017. Faculdade Anhanguera, 2017.

[5] ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado**. 2. ed. Rio Grande: Dunas, 2003. Universidade de São Paulo,2006.

[6] BELTRÃO, L. M. **Pré-lajes em edifícios multipavimentos: estudo comparativo com o método construtivo convencional.** 2010. 69f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

[7] CAIO, F. **Análise comparativa entre sistemas estruturais de lajes maciças e nervuradas treliçadas.** 2014 77f. Trabalho de diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Univates, Lajeado, Rio Grande do Sul, 2014.

[8] CIMENTO E CONCRETO: BOLETIM DE INFORMAÇÕES**.** ABCP**. Fôrmas de madeira para estruturas de concreto armado de edifícios comuns**. São Paulo, n.50,1944.

[9] CEBEU L., ROEDEL T., BARON J. R., REIS A. **IX ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto.** Florianópolis: UFSC, 2021.

[10] CORREA, G. **Montagem de formas em estrutura de concreto armado moldado in loco: lajes.** Porto Alegre: UFRGS, 2011.

[11] CRUZ, K. L. Estudo comparativo de dimensionamento e custos entre projetos estruturais com utilização de laje pré-moldadas com bloco cerâmico e EPS como elementos de enchimento. **Revista on-line IPOG,** jul. 2018. Acesso em: 01 mar. 2023.

[12] DALDEGAN, E. **Casas pré-moldada de concreto**: Principais vantagens e desvantagens. Engenharia Concreta São Paulo 27 set/2016.

[13] DA COSTA OLIVEIRA, Dione et al. Identificação de Manifestações Patológicas em Pavimentos Asfálticos na Cidade de Santa Margarida-MG. **Pensar Acadêmico**, v. 17, n. 1, p. 33-42, 2019.

[14] DA SILVA, Maria Eduarda Ribeiro et al. Identificação de manifestações patológicas em pontes de concreto armado e metálicas: Identification of pathological manifestations in reinforced and metallic bridges. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 12, p. 80318-80332, 2022.

[15] DONIAK, I. L. O. Pré-moldado de concreto foi decisivo nas obras das arenas da Copa. **Concrete Show**, 2014.

[16] FARIA, M. P. **Estruturas para Edifícios em concreto armado: Análise comparativa de soluções com lajes convencionais, lisas e nervuradas,**2010. 94f. Trabalho de diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010.

[17] FLÓRIO, M. C. **Projeto e execução de lajes unidirecionais com vigotas em concreto armado. 2004.** 240f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

[18] GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. **Revisão sistemática da literatura**: **conceituação, produção e publicação**. São Paulo: Logeion, 2019.

[19] GIAMBASTIAN, G. **Concretagem de laje convencional.** Porto Alegre**:** UFRGS, 2015. Disponível em: https://www.ufrgs.br/eso/content/?tag=laje. Acesso em: 03 mar. 2023.

[20] GIONGO, J. S. **Concreto armado: Projeto estrutural de edifícios.** Departamento de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

[21] NARDI, H.F. **Comparação de custos na execução de prédio com estrutura prémoldada e estrutura convencional em concreto armado.** Orientador: João Batista Gravina. 2016. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado. 2016.

[22] PIEPER, I.C.S; OLIVEIRA, Carla B.C. Análise do concreto moldado in loco - mapeamento de Colatina/es. **Revista científica integrada**, volume 5 - 1 edição. 2021.

[23] SOARES, A.P.F; SANTANA, E.L; NASCIMENTO, F.B.C do. **Aplicação dos Prémoldados na Construção Civil.** Cadernos de Graduação, Maceió, v. 3, n.2, p. 4154, abr. 2016.

[24] STOLZ, Carina Mariane; WASEM, Karen Schardong. Manifestações patológicas em edificação histórica no vale dos sinos/RS. **Revista Tecnologia e Tendências**, v. 11, n. 1, p. 37-52, 2020.

[25] TCPO. **Tabelas de composição de Preços para orçamentos,**13. ed. São Paulo: TCPO, 2010.

[26] TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2011.

[27] VIZOTTO, I; SARTORTI, A. L. **Teoria e Prática na Engenharia**. São Paulo: Dunas, 2010. Disponível em: http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art3_N15.pdf Acesso em: 03 mar. 2023.

Capítulo 7

Estudo da resistência à compressão do concreto com agregado miúdo de PEBD

Cristiano Farias Martins

Resumo: Considerando que o plástico é um polímero com diversas aplicações voltada para engenharia amplamente conhecidas, em sua aplicação e reutilização e reciclagem se faz necessário tendo em vista a importância de se pensar numa engenharia, mas sustentável e eficaz. A incorporação de resíduo de PEBD em com concreto como agregado miúdo pode afetar a resistência à compressão. O presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito na resistência à compressão do concreto com agregado miúdo reciclado de PEBD, por meio de pesquisa experimental, analisando os ajustes necessários na composição do traço. além de para isso será necessário estar as propriedades físicas químicas dos agregados, por meio de análise granulometria e massa específica estudando a dosagem do concreto com substituição de areia por agregado reciclado de PEBD, e avaliando a resistência do concreto com agregado de PEBD por meio de ensaio mecânico espera-se como resultado obter os parâmetros de dosagem, avaliar o efeito na durabilidade. E na resistência e analisar os ajustes necessários na composição do traço.

Palavras-chave: PEAD, Concreto, Reciclados, Trabalhabilidade, Agregado miúdo.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil consome muitos recursos naturais e gera quantidades exorbitantes de resíduos. Em vista disso, alternativas para reaproveitar esses resíduos vêm sendo utilizadas, como a incorporação de resíduos plásticos em concretos e argamassas, seja como materiais inertes ou como modificadores de pasta de cimento (Melo, 2011).

Para que haja redução no descarte de produtos à base de plástico é conveniente a aplicação em produtos com longa vida útil e a construção civil tem papel importante neste contexto. A construção civil absorve 11,9% dos materiais das indústrias recicladoras de materiais plásticos (PLASTIVIDA, 2008).

Os polímeros surgiram na metade do século XIX e revolucionaram o desenvolvimento tecnológico do século seguinte de forma impactante. O termo foi criado em 1832, por Jöns Jacob Berzelius, no intuito de diferenciar moléculas orgânicas com os mesmos elementos químicos, mas propriedades diferentes, como, por exemplo, os gases etileno e buteno. Para Berzelius, as moléculas de buteno seriam o "estado polimérico" das moléculas do etileno, ou seja, o termo polímero foi utilizado para representar as moléculas de buteno como sendo constituídas de muitas (poli) unidades (mero) de etileno (NUNES; LOPES, 2014)

Com o desenvolvimento da teoria da macromolécula no século seguinte, o termo polímero foi redefinido para categorizar materiais orgânicos ou inorgânicos, de elevada massa molar proveniente da repetição de meros. Os polímeros podem ter origem natural, como por exemplos, a celulose, amido, lignina, ou sintéticos, obtidos por reações de polimerização, como é o caso do polipropileno, poliestireno, poliamida, entre outros (NUNES; LOPES, 2014).

Os plásticos podem ser oriundos de diversos processos, entretanto nem todos podem ser reciclados, sendo considerados recicláveis aqueles que se submetem ao calor e amolecem, permitindo serem moldados, enquanto os plásticos não recicláveis são chamados de termofixos ou termorrígidos. Sua reciclagem é um processo que pode ser dividido entre três tipos: mecânica, química e energética. A primeira caracteriza-se pelo processo de moagem e transformação granulométrica do material. O segundo tipo mencionado consiste na utilização de solventes ou na ação de variadas temperaturas para modificar o material quimicamente. Já a reciclagem energética corresponde ao processo de eliminação total dos materiais quando já tiveram todo tipo de reaproveitamento possível (FRAGA, 2014).

Dentre os plásticos recicláveis o polietileno ganha destaque por suas aplicações. O PEBD é amplamente utilizado na fabricação de embalagens de alimentos, o PEAD em frascos rígidos de produtos de limpeza e na fabricação de tubos para transporte de água e esgoto, o PELBD em embalagens filmes de uso industrial, revestimentos de fios e cabos, plástico bolha e brinquedos, já o Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular (PEUAPM) é utilizado em revestimentos de tubos de mineração, engradados e potes de fábricas de papel e celulose, dentre outros (MIRANDA, 2017).

Tendo em vista a questão da sustentabilidade nas construções é necessário observar os impactos dos resíduos deixados nos canteiros de obra. O presente trabalho tem por objetivo obter uma análise precisa da utilização do agregado miúdo de PEBD na construção civil, com a finalidade de reduzir os impactos ambientais e garantir qualidade de vida às gerações futuras como também viabilizar o crescimento econômico.

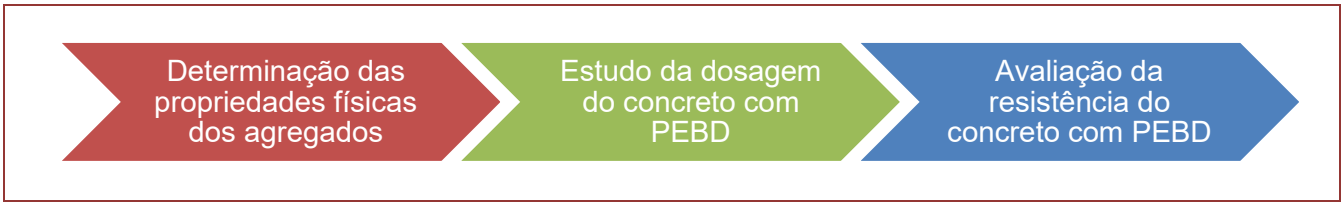
O fato do plástico ser um material resistente, com uma duração bastante prolongada e possuir um baixo custo torna a pesquisa mais interessante para a Engenharia. Com base no que foi apresentado, o trabalho propõe uma mudança nas técnicas aplicadas na construção civil com o uso do PEBD, sendo ele um material resistente e durável.

2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O presente estudo trata-se de uma pesquisa experimental onde será avaliado a resistência à compressão do concreto com agregado miúdo reciclado de PEBD. Além de também realizar ensaios para estudar a possibilidade de substituição da areia por agregado reciclado.

Para alcançar o objetivo proposto, o experimento será dividido em 3 etapas representadas na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma dos processos



Fonte: Autoria própria (2022)

2.1. DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS AGREGADOS

As propriedades físicas do agregado utilizado para experiencia foi determinada através da identificação da composição granulométrica e do módulo de finura do agregado. A figura 2 e 3 apresenta o registro fotográfico da amostra de agregado miúdo que foi utilizado.

Figura 2 Amostra 1 de agregado miúdo utilizado

Fonte: Arquivo pessoal, 2022

Figura 3 Amostra 1 de agregado

Fonte: Arquivo pessoal, 2022

O plástico (PEBD) foi adquirido através de uma empresa de reciclagem no bairro Coroado, Manaus-AM. A empresa recolhe sacolas, garrafas pet, entre outros. Para dar início aos devidos processos de reutilização do mesmo, sendo comprado e adquirido na forma de grânulos de tamanho aproximado 3mm na figura 3.

Os procedimentos para a determinação da granulometria dos agregados obedecem às normas brasileiras de determinação da composição granulométrica (NBR NM 248:2003) e de determinação da massa específica e massa específica aparente (NBR 52/53:2003) Para a realização dos ensaios foram empregados os materiais, como o plástico (PEBD), cimento, brita, areia e água, no qual são apresentados detalhadamente.

O gráfico 1 apresenta a composição granulométrica do agregado miúdo utilizado no experimento. A identificação da granulometria do agregado utilizado na pesquisa é importante pois, de acordo com as normas é necessário que haja a compreensão quantitativa e qualitativa sobre o material retido em massa para a dosagem dos concretos, sendo apresente a distribuição em percentual dos dimensionamentos das partículas que foram mantidas após o processo de peneiração. Além disso, também foi identificado o módulo de finura do agregado, sendo apresentado no Gráfico 2.

Para determinação dos dados apresentados nos gráficos foi retirado das amostras de agregados 500g para a realização do ensaio. De acordo com o que é estabelecido pela norma, foi colocado a amostra, após pesagem, na peneira. Inicialmente foi sendo reduzido de forma gradual a aberta para o processo, sendo a parte com maior abertura a utilizada por primeiro, havendo a progressão para as menores até o fundo. A tabela 1 apresenta os dados em porcentagens da abertura da peneira.

Tabela 1 Dados referente a porcentagem e tamanho da abertura da peneira utilizada no processo.

ABERTURA DA PENEIRA (MM)	MATERIAL PASSANTE ACUMULADO (%)
4,75	99,8%
2,36	98,8%
1,18	92,1%
0,6	78,0%
0,3	32,4%
0,15	6,8%
Fundo	3,0%
total	0,0%
Minicial	-189,0%

Fonte: Autores, 2022.

Dessa forma, a execução do ensaio foi continuada com a agitação das peneiras, cerca de 20 minutos. Com isso, foi possível obter a massa de cada peneira, sendo pesado com a utilização da uma balança de precisão. Os resquícios de areia presente nas peneiras foram retirados e devidamente pesados na balança, para a obtenção total da massa em gramas.

Com a obtenção da massa, foram realizados os cálculos para determinação dos valores de amostra que foram perdidos durante todo o processo, segundo a norma NBR 52/53:2003, é aceito uma perda de até 0,3%, sendo identificado a perda de cerca de 0,2%, o que está dentro de permitido.

Posteriormente foi possível determinar as porcentagens da massa retirada de cada peneira, foi calculado a massa inicial obtida do agregado com a massa total, sendo somado as porcentagens e tudo foi divido por 100. O resultado desse procedimento possibilitou a determinação do módulo de finura do agregado.

2.2. ESTUDO DA DOSAGEM DO CONCRETO COM PEBD

Estudado a dosagem do concreto com PEBD, neste estudo, foi utilizado polietileno de baixa densidade (PEBD) em cujo essa foi objetivado pelo método do ABCP. A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) é um método que direciona e estrutura o procedimento de forma padronizada da dosagem do concreto, para obtenção de traços e características especificas do material produzido. Isso é importante para avaliação do tipo de concreto e as principais características de acordo com os agregados utilizados.

Tabela 2 Materiais utilizados na mistura do concreto

ITEM	QUANTIDADE
Cimento	5kg
Areia	13,15kg
Brita	15,15kg
Água	3L

Inicialmente foi divido as proporções adequadas de cada material que foi inserido na mistura. Sendo monitorado o horário da adição de água nas misturas dos componentes e suas quantidades em Kg, de acordo com a Tabela 3. Sendo obtido o traço em massa. O cimento utilizado para a moldagem dos corpos de prova, dos ensaios de consistência e compressão, foi o CPII – 32 F e Utilizou-se brita de número 1 e número 2.

2.3. AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO COM PEBD

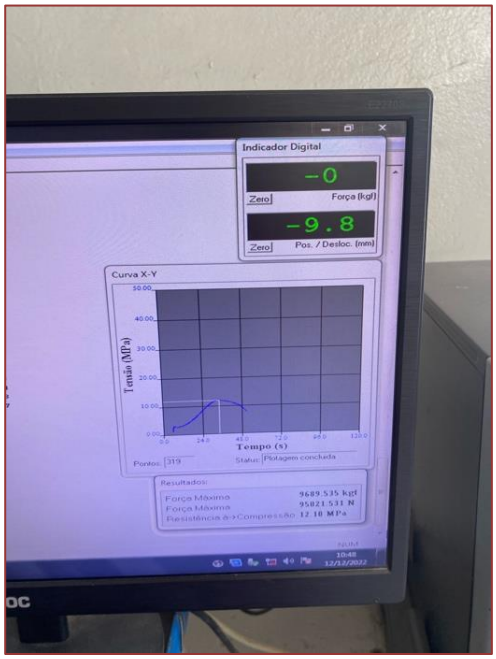
Após a moldagem de 8 corpos de prova de concreto com PEBD, foi realizado a última etapa do processo realizado na pesquisa experimental foi a avaliação da resistência do concreto com PEBD. A resistência é definida pelo Fck obtido, quando a capacidade que o corpo de prova apresenta quando submetido á tensão da máquina de ensaio utilizada.

O equipamento utilizado para o ensaio e avalição da resistência do corpo de prova feito com o concentro composto por PEBD foi da Instron – EMIC. Esse equipamento permitiu que fosse exercida uma força entre a área e o corpo de prova, o que resultado na divisão desse contexto, o que permitiu a confirmação da tensão máxima que o corpo de prova resistiu até a sua ruptura. Foram utilizados 8 corpos de provas cilíndricos padronizados, de acordo com o estabelecido na NBR 5.738.

Figura 4 Corpo de prova na máquina de resistência

Fonte: Autor, 2022.

Figura 5 Sistema de indicador digital da força

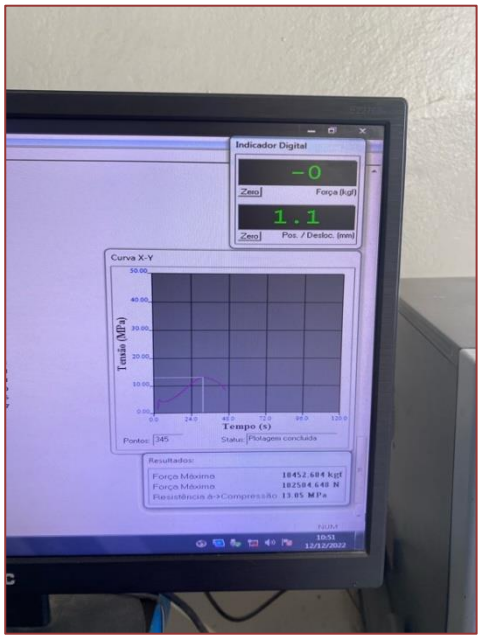


Fonte: Autor, 2022.

Figura 6 Outro Corpo de prova na máquina de resistência

Fonte: Autor, 2022.

Figura 7 Sistema de indicador digital da força



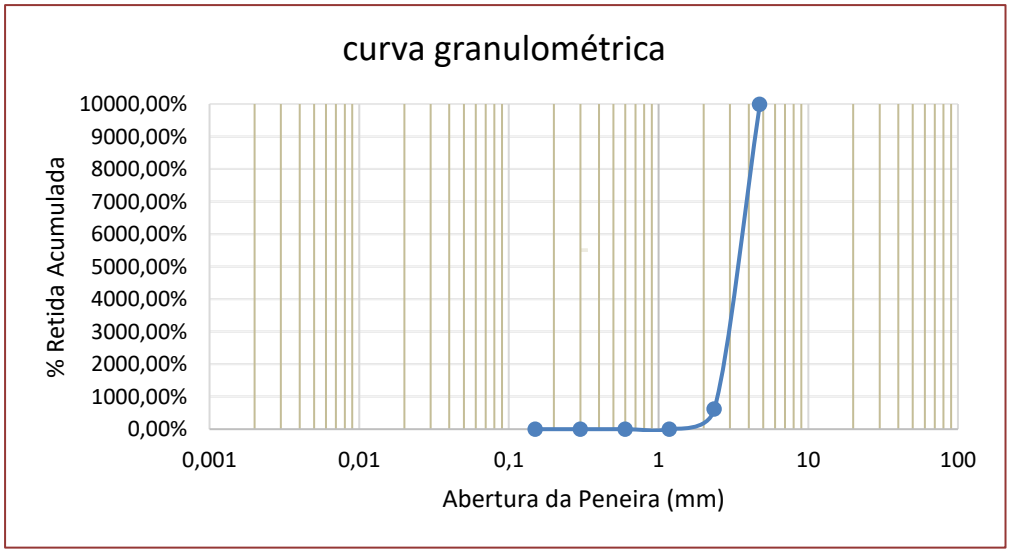
Fonte: Autor, 2022.

3. RESULTADOS

3.1. DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS AGREGADOS

Com a determinação das propriedades físicas dos agregados foi possível desenvolver dois gráficos que representam de forma percentual a composição granulométrica das amostras de PEBD, com as médias e % acumulada. Isso mostra que há proporção das partículas do agregado, quanto maior o valor maior é a partícula do agregado.

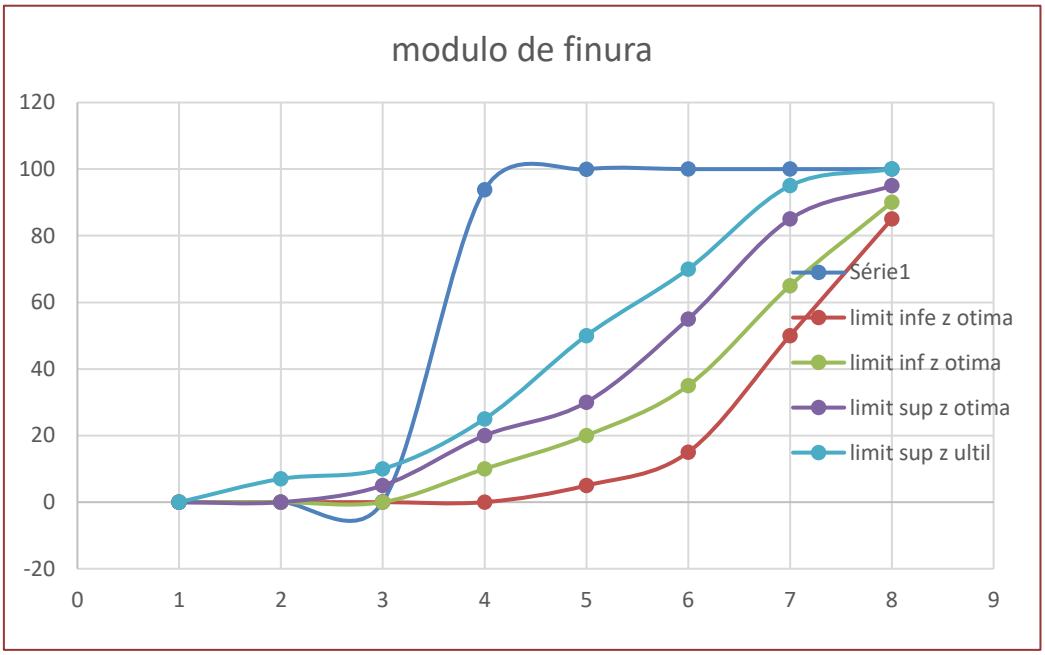
Gráfico 1 – composição granulométrica do agregado miúdo.



De acordo com a pesquisa Damineli (2007) é importante que para o uso de agregados reciclados na composição de concreto para construção seja feita uma análise prévia sobre as propriedades e características do material de agregado. Isso faz com que o uso desse material como mistura do concreto seja mais adequado e seguro.

O gráfico 2 apresenta o resultado obtido para a identificação do módulo de finura da amostra de agregado. Segundo o estudo de Silva e Bataiote (2022), a determinação da finura do agregado é importante para se saber, além do tamanho da partícula obtido no resultado da composição granulométrica, a espessura e finura da amostra.

Gráfico 2 - composição de granulometria do módulo de finura.



3.2. ESTUDO DA DOSAGEM DO CONCRETO COM PEBD

Segundo Recena (2002) a dosagem do concreto é feita para obter o traço, que é definido como a relação quantitativa dos componentes presente na composição do concreto. Como a água tem fator importante nessa análise, ela foi adicionada de forma gradual a mistura, sendo levando em consideração o tempo. Isso porque ela está diretamente relacionada a resistência do concreto.

O estudo da dosagem foi desenvolvido em peso (kg), pois segundo Diesel, Maurer e Abrahão (2015) esse método possui maior precisão em relação a outros meios.

Tabela 3 Quantidade inicial (Normal) da dosagem

COMPONENTE	QUANTIDADE	TEMPO
Cimento	5kg	11:54
Areia	13,15kg	
Brita	15,15kg	
Água	3L	

Com a mistura dos componentes, as 11:53 foi adicionado mais 1,5L de água, às 11:57 mais 1 litro. Após isso foi adicionado o agregado miúdo PEBD, com 4,62kg.

Tabela 4 Quantidade Mistro da dosagem

COMPONENTE	QUANTIDADE	TEMPO
Cimento	5kg	14:30
Areia	6,575 kg	
PEBD	2,30kg	
Brita	15,15kg	
Água	3,25L	

Tabela 5 Consumo (Kg/m^3)

ITEM	CON. REF	CON. 100% PEBD	CON.50% PEBD
Cimento	325,76	326,94	326,40
Areia	856,74	-	429,22
PEBD	-	326,94	150,64
Brita	987,04	990,63	990,63
Água	211,74	212,51	212,51
A/C	0,65	0,65	0,65

Dessa forma foi possível definir o traço em massa da dosagem como referência, respectivamente, de acordo com a apresentação de cada item na tabela, com: 1:0,924:3,03:0,65 com PEBD 100%. Já com PEBD em 50% foi obtido o traço de 1:1,315:0,4615:3,03:0,65.

De acordo com Diesel, Maurer e Abrahão (2015), o traço obtido na dosagem do concreto corresponde ao resultado quantitativo da proporção de material que compõe o concreto. Ou seja, o traço mostra a quantidade de cada material presente na tabela 5., que deve ser utilizado para mistura do agregado do cimento.

3.3. AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO COM PEBD

Segundo Helene e Silva (2011) os ensaios realizados para avaliar a resistência de um concreto é feito identificar dados que possam garantir que a qualidade do concreto e seus agregados sejam adequados para o uso em construções e estruturas. Visto que, pode haver a incompatibilidade do cimento e do PEBD utilizado, o que pode ocasionar uma reação interna que poderá expandir o concreto, o que futuramente ocasiona patologias nas estruturas onde o composto é utilizado.

Para a realização do ensaio, foi utilizado 8 corpos de provas que foram estruturados anteriormente. Foi nivelado o corpo de prova de forma individual na máquina. A tabela 5 apresenta o resultado obtido da resistência dos corpos de provas.

Tabela 6 Resultado da avaliação de resistência do concreto com PEBD.

Concreto	ANOTAÇÕES
Refe 1	11.94 MPa
Refe 2	12.80 MPa
PEBD 50% 1	12.10 MPa
PEBD 50% 2	13.05 MPa
PEBD 100% 1	5.85 Pa

Os resultados apresentados na Tabela 6 evidenciam que a substituição parcial do agregado miúdo por PEBD, na proporção de 50%, não compromete de forma significativa a resistência à compressão do concreto, apresentando valores próximos e, em um dos casos, superiores ao concreto de referência. Esse comportamento indica a viabilidade técnica do uso do resíduo plástico em substituições parciais, possivelmente associada a uma melhor distribuição granulométrica e redução de vazios na matriz. Em contrapartida, a substituição total do agregado miúdo por PEBD resultou em uma redução acentuada da resistência, demonstrando que o material, quando utilizado em 100%, não apresenta desempenho mecânico adequado para aplicações estruturais. Tal redução pode ser atribuída à baixa aderência entre o PEBD e a pasta cimentícia, bem como às suas propriedades físicas distintas em relação aos agregados naturais. Assim, os resultados reforçam que o uso do PEBD deve ser limitado a proporções parciais, de modo a equilibrar desempenho mecânico e benefícios ambientais.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos neste estudo experimental, verificou-se que a incorporação de resíduo de polietileno de baixa densidade (PEBD) como substituição parcial ou total do agregado miúdo influencia significativamente o desempenho mecânico do concreto, especialmente no que se refere à resistência à compressão.

Os ensaios demonstraram que a substituição parcial (50%) do agregado miúdo por PEBD apresentou comportamento mecânico semelhante ao concreto de referência, com valores de resistência à compressão próximos e, em alguns casos, ligeiramente superiores. Esse resultado indica que a utilização parcial do PEBD pode ser tecnicamente viável, desde que haja controle adequado da dosagem e das propriedades dos materiais envolvidos.

Por outro lado, a substituição total (100%) do agregado miúdo por PEBD resultou em uma redução expressiva da resistência à compressão, evidenciando limitações quanto ao uso integral desse material em concretos estruturais. Tal comportamento pode ser atribuído à menor aderência entre a matriz cimentícia e o material polimérico, bem como às diferenças nas propriedades físicas entre o PEBD e os agregados naturais.

Adicionalmente, a análise granulométrica e o controle do módulo de finura mostraram-se fundamentais para a compreensão do comportamento do material no traço, reforçando a importância da caracterização prévia dos agregados reciclados para garantir a qualidade e o desempenho do concreto produzido.

Dessa forma, conclui-se que o uso de PEBD reciclado como agregado miúdo apresenta potencial para aplicação na construção civil, especialmente em substituições parciais, contribuindo para a redução de resíduos plásticos e para o desenvolvimento de soluções mais sustentáveis. No entanto, recomenda-se a realização de estudos

complementares voltados à durabilidade, aderência interfacial e comportamento a longo prazo, a fim de ampliar a segurança e a aplicabilidade desse material em diferentes contextos construtivos.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, NBR 5739, 1990.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5733 – Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro 1991.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248 – Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro 2003.

[4] DAMINELI, Bruno Luís. Estudo de métodos para caracterização de propriedades físicas de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

[5] DIESEL, Wander Felipe; MAURER, Diego; ABRAHÃO, Soraya Caroline. COMO DOSAR E PORQUE SEGUIR O TRAÇO DO CONCRETO. **Enaproc**, v. 1, n. 1, 2015.

[6] HELENE, Paulo; SILVA FILHO, L. C. Análise de estruturas de concreto com problemas de resistência e fissuração. **Concreto: Ciência e Tecnologia**, v. 2, 2011.

[7] MELLO, A.L. Utilização de resíduos de PEAD como alternativa aos agregados naturais em argamassa. 2011. 172 f. Dissertação (Mestrado), Engenharia Ambiental Urbana, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em <http://www.meau.ufba.br/site/publicacoes/utilizacao-de-residuos-de-pead-comoalternativa-aos-agregados-naturais-em-argamassa>. Acesso em: 27 set 2022.

[8] MENDONÇA, A. M. D. Argamassas manufaturadas com substituição parcial do cimento por PET triturado. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 5, p. 44099-44109, 2021.

[9] BARBOSA, Luiz Antonio, et al. "Polietileno de baixa densidade-PEBD: mercado, produção, principais propriedades e aplicações." Revista Espacios 38.17 (2017): 1-13.

[10] CAMARGOS, Caio Soares et al. Emprego de polietileno de Baixa densidade (PEBD) reciclado para reforço de solos. In: Geotechnical Engineering in the XXI Century: Lessons learned and future challenges. IOS Press, 2019. p. 1494-1501.

[11] GONDIM, Fernanda F. et al. Compósitos de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) Reforçados com Sílica e Silano. Revista Processos Químicos, v. 12, n. 24, p. 85-90, 2018.

[12] RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento Portland**. Edipucrs, 2002.

[13] da Silva, S. C. B., & da Silva, W. T. P. ESTUDO DE RUGOSIDADE EM TUBOS COMERCIAIS DE POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD), FABRICADOS COM MATERIAL RECICLADO.

[14] SILVA, Felipe Eduardo Fernande da; BATAIOTE, Samuel Augusto Carriel. A influência da variação do módulo de finura do agregado miúdo natural no comportamento de concretos convencionais. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Capítulo 8

Estudo da resistência à compressão de cimentos comercializados em Manaus

Henrique Rodrigues Lopes

Resumo O cimento Portland é o principal material de construção e o mais importante protagonista nas edificações, sua principal propriedade é sua elevada resistência à compressão, a qual é utilizada como balizamento de sua qualidade. Buscando promover a melhor resistência do cimento, este artigo tem como objetivo geral avaliar o efeito da composição de cimentos de diferentes marcas na resistência à compressão, por meio de pesquisa experimental. Para alcançar o objetivo geral foi feito o levantamento de cimentos comercializados na zona centro-oeste de Manaus, determinando a resistência à compressão dos cimentos, por meio de ensaio de resistência conforme ABNT NBR 7215/2019. E avaliando o efeito da composição de resistência a compressão dos diferentes cimentos. A análise comercial demonstrou que o cimento mais vendido na zona centro-oeste é do tipo CP IV. O ensaio de corpos-de-prova das marcas selecionadas Poty e Mizu apresentaram resistência à compressão de 11,94 e 12,80 MPa, respectivamente. A capacidade de resistência à compressão está intimamente ligada à composição química desses materiais.

Palavras-chave: Cimento Portland. Resistência à compressão. Composição do cimento.

1. INTRODUÇÃO

O cimento Portland é um dos mais importantes materiais de construção, e atualmente é usado em larga escala pela humanidade. Por definição, é um aglomerante hidráulico resultante da mistura homogênea de clínquer Portland, gesso e adições normalizadas finamente moídas, sua composição depende principalmente de calcário, argila, minério de ferro e gesso.

Durante o processo de fabricação, os materiais são analisados por diversas vezes, de forma a alcançar a composição química desejada. O calcário, principal matéria-prima da fabricação do cimento, é extraído das jazidas subterrâneas, após a extração, o calcário vai para a britagem, etapa que o reduz às dimensões adequadas ao processamento industrial. A argila, outra matéria-prima essencial, é extraída de lavras a céu aberto e também passa pelo britador.

O clínquer é uma mistura heterogênea que surge após a queima em altas temperaturas (1450ºC) e moagem de matérias primas, que são fontes de sílica, óxido de cálcio, óxido de ferro e alumina. As principais matérias-primas naturais usadas para produzir clínquer Portland é rocha calcária (carbonato de cálcio) e argila (aluminosilicato).

Quando se fala em concreto, a resistência à compressão axial é a propriedade que mais interessa. Isso se deve ao fato de que esta propriedade está diretamente ligada à qualidade do concreto. A resistência de um material pode ser definida como sua capacidade de resistir a um determinado esforço de tensão sem se romper.

A determinação de um valor para a resistência do concreto é realizada pelos ensaios de rompimentos de corpos-de-prova submetidos à compressão. As dimensões, formas, tipo e tempo de cura e forma de moldagem são padronizadas. A resistência à compressão do cimento Portland deve ser realizada de acordo com a NBR 7215/2019, que estabelece os materiais e equipamentos de ensaio, assim como, os procedimentos de mistura para a fabricação da argamassa utilizada na moldagem das amostras e complementarmente, a NBR 7214 específica a areia para ensaio e a NBR 12655 é aplicável a concreto de cimento Portland.

As edificações estão ficando cada vez mais bem trabalhadas, concomitantemente cresce a procura por cimento de boa qualidade, desta forma, é preciso ter bem definido os procedimentos de controle e aceitação deste produto. Contudo, é necessário avaliar a resistência do concreto que melhor se encaixa em determinadas situações.

Os métodos de ensaio de resistência à compressão são importantes para avaliar a qualidade do cimento em relação a variável resistência mecânica. Além disso, é um método com baixo custo de execução.

Com base no exposto, o objetivo geral deste artigo foi avaliar o efeito da composição de cimentos de diferentes marcas na resistência à compressão, por meio de pesquisa experimental, analisando a composição com maior enfoque na resistência à compressão.

O desenvolvimento da pesquisa está fundamentado em três tópicos: O primeiro disserta sobre o cimento Portland como material de construção, o segundo sobre as propriedades do cimento pozolânico e o terceiro sobre a resistência à compressão.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CIMENTO PORTLAND COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

O mercado da construção civil desfruta de uma ampla variedade de cimentos, com propriedades e características relacionadas ao atendimento de diferentes padrões de obras. Os tipos de cimentos variam de acordo com a quantidade de clínquer (componente do cimento portland) e a presença de aditivos (LIMA *et al*, 2022).

A composição do cimento influencia diretamente em suas propriedades tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. Os cimentos comercializados e regulamentados por norma são: o cimento portland comum (CP I), cimento portland tipo II (CP II), cimento portland de alto forno (CP III), cimento portland pozolânico (CP IV) e o cimento portland de alta resistência inicial (CP-V ARI). Cada um deles com características específicas (CASTRO, 2021).

O cimento é um material antigo, era utilizado em construções de povos romanos, gregos e egípcios, entretanto, a evolução desse material foi mais proeminente com o surgimento da engenharia na idade média. No Brasil, a primeira fábrica de cimento foi construída em meados do século XIX, no estado da Paraíba (BORGES *et al*, 2020).

A engenharia civil está entre as principais atividades econômicas do país. O principal insumo desse setor, em escala mundial, é o cimento portland, e em relação aos produtos de consumo, é o segundo mais utilizado, ficando apenas atrás da água (LOPES *et al*, 2020).

O cimento portland é o produto da mistura de argila e calcário, que ao reagir com a água, tende a formar uma pasta, que ao longo do tempo se torna sólida e exerce o papel de ligante na composição do concreto. Esse material foi desenvolvido na ilha de Portland, pelo empresário britânico Joseph Aspdin em 1824 (LIMA, 2011).

Esse material não necessita da adição de outros produtos, tais como a pozolana, para reagir e desenvolver sua propriedade de resistência diante da exposição à água, dessa maneira, é considerado um cimento hidráulico. Além disso, após endurecer sob ação da água, mesmo que seja novamente submetido a esse processo, não se decompõe mais (ALVES, 2017; CABRAL & AZEVEDO, 2016).

De maneira geral, quando entra em contato com a água, o cimento reage quimicamente, liberando calor (reação exotérmica). A reação pode ser chamada de hidrólise, associada ao calor de hidratação (VEZARO & BARBISAN & JUNIOR, 2018).

As construções modernas são feitas em sua grande maioria com o cimento portland. Esse material tem a função de agrupar os constituintes do concreto. Na atualidade, o mercado dispõe de vários tipos de cimento portland, e são utilizados dependendo de sua finalidade.(BEZERRA & ALMEIDA, 2019).

Dentre os cimentos portland comercializados, pode-se citar o cimento portland comum (CP I), ideal para construções de concreto onde não há risco de exteriorizar sulfatos no solo ou em correntes subterrâneas. O tipo CP II é comumente usado em construções em que as estruturas necessitam de transmitir calor lentamente, visto que, o calor gerado pelo cimento portland de alto forno é transmitido em uma velocidade menor. Os tipos CP IV e CP ARI possuem características específicas, é considerado o mais resistente, e ideal para construção de estruturas que necessitam de desforma rápida, respectivamente (BORGES, 2020).

As inovações no setor da indústria civil visam o desenvolvimento de produtos mais sustentáveis, visto que, a construção civil é um dos ramos que mais gera implicações negativas perante o meio ambiente. A produção do cimento portland causa uma emissão significativa de CO_2 na atmosfera, isso implica na importância do desenvolvimento de estratégias para manter o equilíbrio ecológico (JUNG, 2022).

2.2. AS PROPRIEDADES DO CIMENTO PORTLAND POZOLÂNICO (CP IV)

Segundo a NBR 5736/1991, o cimento portland pozolânico é o ligante hidráulico que se obtém pela mistura homogênea de clínquer com materiais pozolânicos. Os reagentes podem ser moídos juntos ou separados, podem ser adicionados uma ou mais formas de sulfato de cálcio e materiais carbonáticos em concentrações especificadas (Tabela 1). Porém, a quantidade de materiais pozolânicos secos deverá ser de 15% a 50% da massa total do aglomerante (LIMA *et al*, 2018).

Tabela 1- Teores dos componentes do cimento Portland pozolânico (CP IV)

Sigla	Classe de resistência	Componentes (% em massa)		
		Clínquer sulfato de cálcio	Material pozolânico	Material carbonático
CPIV	25 32	85-45	15-50	0-5

Fonte: : ABNT NBR 5736/1991.

Dentre as propriedades do cimento tipo CP IV estão a baixa porosidade, baixo calor de hidratação, e maior resistência mecânica a longo prazo. A baixa porosidade torna o cimento portland pozolânico mais resistentes entre os demais cimentos, sendo assim, é ideal para ser utilizado em construções de alta complexidade (CASTRO, 2021; BORGES *et al*, 2020).

2.3. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Dentre as características do concreto endurecido, as propriedades mecânicas são as mais importantes. Sendo a resistência à compressão e à resistência à tração as mais importantes. A resistência à compressão é a mais importante delas, e está relacionada com a capacidade de resistir aos esforços sem sofrer ruptura (JÚNIOR & SIMÃO & FONSECA, 2017).

O método mais comum de se avaliar a resistência do concreto é por meio de ensaios de corpos-de-prova, moldados no local da obra durante a concretagem de uma peça estrutural (ESTACECHEN, 2020). Além disso, o ensaio de compressão de corpos de prova, é usado sobretudo para verificar se o concreto utilizado satisfaz todos os parâmetros especificados pelo projeto (SILVA *et al*, 2022).

Para avaliar o desempenho do concreto *in loco* quanto à resistência à compressão, pode ser usado dois tipos de ensaios: ensaios destrutivos e ensaios não destrutivos (END). O ensaio destrutivo se baseia em retirar amostras do concreto, e posteriormente romper em ensaios de compressão. O END consiste na utilização de equipamentos para avaliar a resistência do concreto, assim como outros parâmetros (FORIGO & LOPES & VANALLI, 2021)

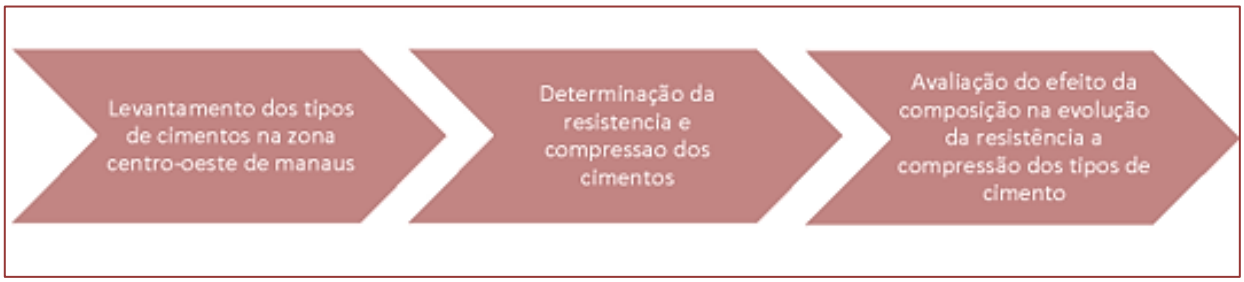
A resistência à compressão pode ser influenciada por diversos fatores, entre os quais destacam-se o tipo e forma dos agregados, fator água-cimento, as condições de cura, a duração do carregamento, a velocidade de aplicação da carga, a forma e dimensões do corpo de prova utilizado no ensaio e a idade em que são feitas as medições (efeito do envelhecimento) (FAVARATO *et al*, 2019).

No Brasil, a determinação experimental da resistência à compressão do cimento portland deve ser feita obedecendo às diretrizes da NBR 7215, que estabelece os materiais e equipamentos de ensaio, assim como, os procedimentos de mistura para a fabricação da argamassa utilizada na moldagem das amostras. É comprovado, que qualquer falha operacional, seja nos procedimentos de ensaio ou na moldagem, podem influenciar na resistência do material, demonstrando a importância de executar corretamente os procedimentos e recomendações padronizados de ensaio (SILVA & GASPERIN & FILHO, 2015).

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O levantamento foi realizado na zona centro-oeste de Manaus, onde foram escolhidos os maiores comerciantes de materiais de construção da localidade e por meio da pesquisa realizada foi identificado as marcas mais vendidas, quantidade, preço e tipos de cimentos comercializados em Manaus. O ensaio foi realizado de acordo com a ABNT NBR 7215 onde o método compreende a determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura. Espera-se que os resultados possam identificar o efeito da composição na evolução da resistência à compressão dos diferentes cimentos, por meio de análise estatística, estabelecendo a composição com maior impacto na resistência à compressão.

Figura 1 Fluxograma das etapas da pesquisa ou estudo ou processpo de ...



Fonte: Autoria própria (2022)

3.1. LEVANTAMENTO DOS TIPOS DE CIMENTOS NA ZONA CENTRO-OESTE DE MANAUS'

O levantamento foi realizado na zona centro-oeste de Manaus, onde foram escolhidos os maiores comerciantes de materiais de construção da localidade e por meio da pesquisa realizada foi identificado as marcas mais vendidas, quantidade, preço e tipos de cimentos.

3.2. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA E COMPRESSÃO DOS CIMENTOS.

A determinação da resistência à compressão foi realizada pela Norma NBR 7215/2019 que, assim identificando a resistência do cimento, juntamente com a NBR 12655 que é aplicável ao concreto Portland e NBR 5738 fixas as condições exigíveis para moldagem, desforma, preparação de topos, transporte e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Foram moldadas 2 cápsulas por tipo de cimento e foram rompidas após 28 dias, tempo de cura necessário do concreto.

3.3. AVALIAÇÃO DO EFEITO DA COMPOSIÇÃO NA EVOLUÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS TIPOS DE CIMENTO

Foi selecionada a composição dos diferentes tipos de cimento, o ensaio foi feito com o cimento mizu e poty, ambos CP IV e foi analisada a diferença de sua composição e o impacto que causou na evolução da resistência à compressão, sua resistência foi obtida através de gráficos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. LEVANTAMENTO DOS CIMENTOS COMERCIALIZADOS EM MANAUS

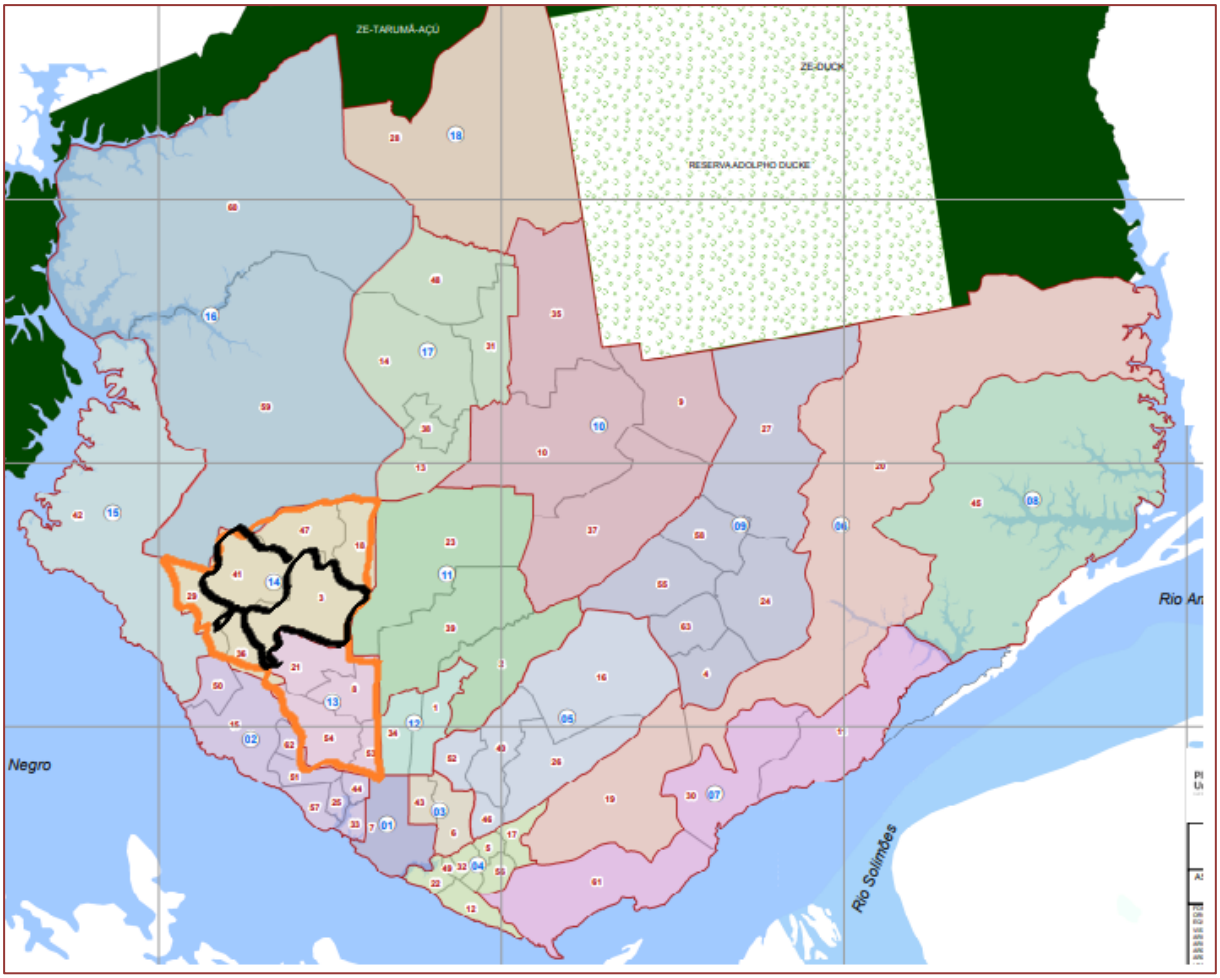
A cidade de Manaus, capital do Amazonas, fica situada na Região Norte do Brasil com extensão territorial de 11.401 km^2. Sua localização geográfica é 3° 6′ 0″ S, 60° 1′ 0″ W (Google Maps, 2022). As zonas urbanas são: Zona Oeste, Zona Norte, Zona Centro-oeste, Zona Centro-Sul, Zona Leste e Zona Sul. Na Figura 2 estão indicadas as zonas da cidade de Manaus.

Figura 2. Mapa das Zonas de Expansão Urbana e Zonas Urbanas de Manaus

Fonte: Adaptada de IMPLUR (2022)

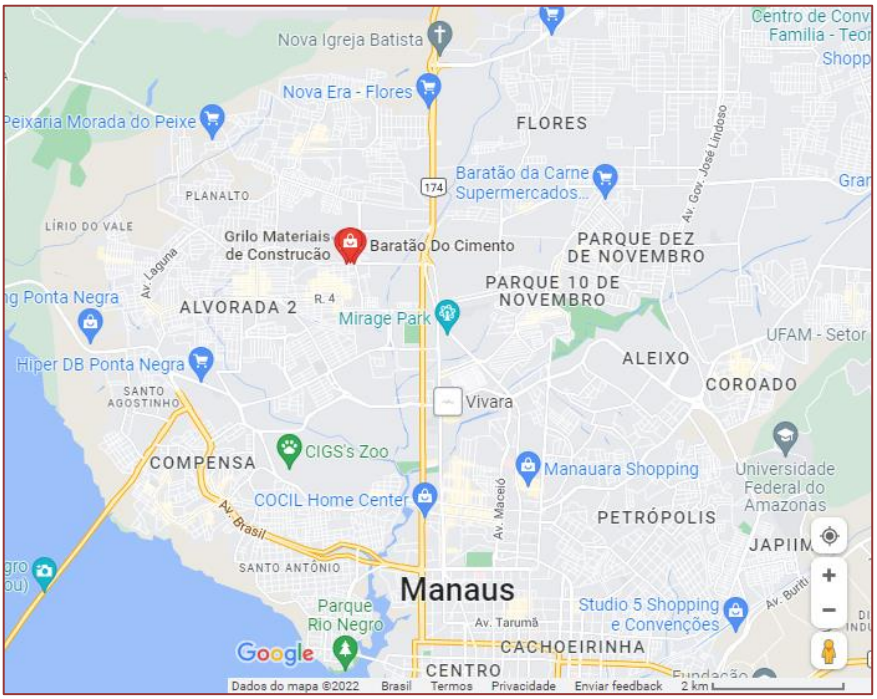
Na Figura 2, estão demarcadas áreas escolhidas para o estudo, neste artigo o levantamento das marcas de cimento mais comercializadas foi realizado na Zona Centro-Oeste. Na Figura 3 estão indicados os bairros escolhidos para a pesquisa nas lojas.

Figura 3. Indicação dos bairros das lojas escolhidas para o estudo



Os limites indicados com a cor preta correspondem aos Bairros Alvorada (número 3 no mapa da Figura 3) e Planalto (número 41 no mapa da Figura 3). Na Figura 4 estão indicadas as lojas que forneceram as informações sobre suas vendas de cimento.

Figura 4. Localização das lojas escolhidas para o estudo



Fonte: Adaptada de IMPLUR (2022)

De acordo com o levantamento realizado nos estabelecimentos comerciais escolhidos, os cimentos mais vendidos constam na Tabela 2.

Tabela 2. Preços dos cimentos mais comercializados na Zona Centro-Oeste (valores de referência 2022)

Cimentos	Preço (R$)		
	Loja 1	Loja 2	Loja 3
Poty CPIV	44,50		
Forte CPII Z 32 RS		42,00	
Mizu CPIV 32		44,00	44,50
Apodi CPIV 32 RS			41,00

Fonte: Autoria própria (2022)

Os estabelecimentos não forneceram as quantidades vendidas, mas foi possível constatar que os cimentos mais vendidos na Zona Centro-Oeste é do tipo CPIV. Portanto, as marcas escolhidas para o estudo foram Poty e Mizu.

O cimento Poty, da fabricante Votorantin, é uma linha de produtos cimentícios, e são produzidos os cimentos tipo CP I 40, CP II E 32, CP II E 32 RS, CP II F 32, CP II Z 32, CP II Z 32 RS, CP II 32 RS e CP IV 32 RS. Conforme o fabricante a linha de produtos Poty foi desenvolvida para ter secagem rápida, alta resistência e melhor trabalhabilidade. O Cimento Poty é transportado para Manaus por navio e embalado ao desembarcar na cidade.

A POLIMIX é a organização, a qual a empresa Mizu pertence, sua proposta é a produção de cimentos especiais. Os tipos de cimento fabricados pela Mizu são: CP II E 32 RS, CP II E 40 RS, CP II F 32 RS, CP II Z 32, CP III 40 RS, CP IV 32, CP IV 32 RS e CP V ARI RS.

O Cimento tipo CPIV é o cimento pozolânico, conforme a NBR 16697 (ABNT, 2019), caracterizado por ter limite de material pozolanico de 15 a 50%. Em razão dessa composição, o desenvolvimento da resistência nas primeiras idades é lento. O tempo de inicio de pega conforme a NBR 16697 (ABNT, 2019) deve ser superior a 60 min. Entretanto a norma limita a resistência mínimo nas primeiras 24 horas de desenvolvimento da resistência de 14 MPa (Mega pascal).

4.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A resistência à compressão dos cimentos avaliada neste estudo foi determinada de acordo com a ABNT NBR 7215. Os cilindros foram moldados para terem 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura, como mostra a figura 5.

Figura 5. Cilindros moldados com 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura

Fonte: Autoria própria (2022)

Os corpos de prova foram acomodados diretamente sobre o prato inferior da prensa, permitindo que ficasse centrado em relação ao eixo de carregamento, como mostra a Figura 6.

Figura 6. Prensa hidráulica

Fonte: Autoria própria (2022)

Os resultados obtidos de resistência à compressão, após 28 dias de cura do concreto, dos cimentos CP VI Poty e CP VI Mizu, estão demonstrados na tabela 3.

Tabela 3. Resistência à Compressão

Misturas	Resistência à compressão (MPa)
CPVI 32 Poty	11,94
CPVI 32 Mizu	12,80

Fonte: Autoria própria (2022)

Segundo Luiz Carlos (2022), para obter as características essenciais do concreto, como durabilidade, impermeabilidade quando endurecido, facilidade de manuseio quando fresco e resistência mecânica é necessário conhecer os fatores que influenciam na sua qualidade.

Um dos pontos importantes a ser considerado é o fator água-cimento, que deve estar em torno de 0,4-0,7. Se estiver abaixo dos valores estabelecidos, ficará muito difícil de trabalhar, porém, se estiver acima, ficará fraco. Além disso, o excesso de água aumenta a retração do concreto, e depois de seco causará mais fissuras (PEDROSO & TERTULINO & PULIDO, 2016).

Fatores como tempo de cura e umidade são importantes para que o concreto adquira resistência. Segundo Chies (2011) esse tempo varia de acordo com o tipo de cimento usado, mas o tempo de 28 dias dá subsídio para avaliar a resistência mecânica,

visto que, é o período em que praticamente todos os tipos de concreto atingiram 90% de sua resistência final.

4.3. AVALIAÇÃO DO EFEITO DA COMPOSIÇÃO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Segundo Chaves (2022) a mudança na composição química do cimento ocasiona efeito na resistência à compressão, visto que, as proporções dos diversos compostos podem variar minimamente de um cimento para outro.

Segundo o fabricante da marca MIZU, o cimento portland CP IV 32 é constituído de clínquer finamente moído e gesso, além disso pode ser acrescido de silicato tricálcio 20-70%, silicato dicálcio 10-60%, ferro-aluminato de cálcio 5-15%, sulfato de cálcio 2-10%, aluminato tricálcio 1-15%, carbonato de cálcio 0-5%, óxido de magnésio 0-4% e óxido de cálcio 0-0,2 %.

O resultado obtido de resistência à compressão do cimento MIZU CP IV 32 foi de 12,80 MPa após o período de 28 dias. O cimento não é um material cujo comportamento pode ser previsto por uma única variável, visto que, várias características físicas e químicas exercem influência sobre suas propriedades (PORTELLA & BARBOSA, 2019).

É possível modificar as características de resistência mecânica do cimento pela alteração das proporções dos componentes desse ligante. O cimento portland, por exemplo, possui alta resistência inicial (3, 7 e 28 dias) se a pasta tiver grandes quantidades de silicato tricálcico (C3S) e aluminato de cálcio (C3A). Em contrapartida, a proporção elevada de silicato dicálcio (C2S) torna o cimento menos resistente em estágios iniciais de cura (3, 7 e 28 dias). Porém, em idades mais avançadas (resistência final), a resistência do cimento rico em C2S deverá ser maior em relação ao cimento com baixo teor desse composto (CASTRO & LIBORIO & PANDOLFELLI, 2011).

Segundo Machi *et al* (2018) o concreto pode ser classificado em relação a sua resistência à compressão após 28 dias (tempo de cura). São classificados como concretos de baixa resistência os que apresentam no teste valores inferiores a 20 MPa, e segundo a NBR 8953, esse tipo não é adequado à finalidade estrutural. Concretos de resistência normal apresentam de 20 a 50 MPa, e concreto de alta resistência apresentam mais de 50 MPa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da composição de cimentos de diferentes marcas na resistência à compressão, por meio de pesquisa experimental, analisando a composição com maior enfoque na resistência à compressão. A análise demostrou que os cimentos oriundos de marcas diferentes são sensivelmente distintos em relação ao teor dos constituintes químicos.

O levantamento dos tipos de cimento na zona-oeste de Manaus constata que o cimento mais vendido nessa região é o CP IV. Além disso, a determinação da resistência à compressão do cimento Portland PC IV das mascas Poty e Mizy demostrou que, no presente estudo, o cimento da marca Mizu apresenta maior resistência á compressão em relação ao cimento da marca Poty com 28 dias de cura.

A avaliação do efeito da composição na evolução da resistência a compressão dos tipos de cimento, atesta que a composição química do cimento influencia de forma direta na resistência a compressão do material.

Os fabricantes de cimentos utilizam composições diferentes no cimento, como pozolonas, filers ou proporções minerais diferentes (C3S, C2S, C3A ou gesso) e isso influencia no desenvolvimento da resistência a compressão.

Embora tenha sido possível fazer o levantamento dos cimentos comercializados, os fabricantes não forneceram as quantidades vendidas, além disso, algumas marcas não disponibilizam a composição química para avaliação.

A partir dos resultados obtidos, outros estudos podem ser desenvolvidos, como por exemplo, fazer um levantamento de outras zonas da cidade, a fim de comparar os resultados obtidos. Além disso, verificar se a comercialização tem relação com o custo ou qualidade do produto. Do mesmo modo, avaliar o impacto ambiental causado por essa manufatura.

REFERÊNCIAS

[1] ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland, “Guia básico de utilização do cimento Portland”. São Paulo: ABCP, 1999.

[2] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, “NBR 5732/91: cimento Portland comum”. Rio de Janeiro: ABNT, 1991

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland – Resistência à compressão do Cimento Portland. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7214: Areia normal para ensaio de cimento — Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

[5] ALVES, Rogério. Resistência mecânica de concreto de cimento portland: correlação de ensaio à compressão axial com esclerometria. 2017. 98p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2017.

[6] BARBOSA, W. PORTELA, K. Síntese e caracterização das fases minerais C3 S, C2 S, C3 A e C4 AF para utilização em cimento tipo Portland. **Scielo**, v. 65, n. 373, 2019.

[7] BEZERRA, Isabela; ALMEIDA, Danilo. Análise Comparativa Entre Argamassas de Cimentos Portland Variando o Tipo de Cimento (CPII F 32, CPII F 40 e CPV-ARI). 2019. 18p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil UniRV, Goiás, 2019.

[8] BORGES, Bruno *et al*. Análise das propriedades do concreto com variação dos tipos de cimento. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 01, p. 05-25, maio de 2020.

[9] CASTRO, Vinicius. Cimento Portland. In: Compósitos madeira-cimento: um produto sustentável para o Futuro. **EdUFERSA**, Mossoró, p. 13-21, 2021.

[10] CABRAL, Stênio; AZEVEDO, Marina. Materias alternativos para adição ao cimento Portland. **Revista Vozes dos Vales**, Minas Gerais, n.10, 2016.

[11] CASTRO, A; LIBORIO, J; PANDOLFELLI, V. A influencia do tipo de cimento no desempenho de concretos avançados formulados a partir do método de dosagem computacional. **Cerâmica**, São Paulo, n.57, p. 10-21, 2011.

[12] CHAVES, Jéssica. **Previsão da resistência à compressão do cimento Portland comum com utilização de técnica de machine learning**. 2022. 116p. Dissertação (Mestrado em estruturas e construção civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

[13] CHIES, Josué. **Corpos-de-prova submetidos à compressão:** influência do tipo de preparação das faces para diferentes níveis de resistência do concreto. 2011. 13p. Monografia (Graduação em Engenharia

Civil) – Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

[14] ESTACECHEN, Tatiana. Comparativo da resistência à compressão do concreto através de ensaios destrutivos e não destrutivos. **Construindo**, Paraná, v. 22, n. 2, 2020.

[15] FAVARATO, Lucas *et al.* Avaliação teórico-experimental da resistência à compressão de concretos através de ensaios não destrutivos. **Revista Matéria**, Espírito Santo, v.24, n.4, 2019.

[16] FORIGO, Camila; LOPES, Yuri, VANALLI, Leandro. Determinação da resistência à compressão do concreto exposto a altas temperaturas pelo método de velocidade de propagação de ondas ultrassônicas. **HOLOS**, Maringá, v. 7, 2021.

[17] JÚNIOR, Luiz; SIMÃO, Diego; FONSECA, Fabio. **Análise da resistência característica a compressão do concreto produzido com vidro como parte do agregado miúdo**. São Paulo, 2017.

[18] JUNG, Zumhin. **Cimento sustentável - Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland.** 2022. 30p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade do Sagrado Coração, 2022.

[19] LIMA, Pedro *et al*. Novas tecnologias aplicadas no estudo da fabricação do clínquer de cimento Portland. **Revista Vozes dos Vales**, Minas Gerais, n. 21, 22.

[20] LIMA, Caroline *et al*. **Estudo e análise da resistência à compressão de traço de concreto confeccionado com cimentos CP II, CP III, CP IV E CP V.** 2018. 47p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Minas Gerais, 2018.

[21] LOPES, Herbert *et al*. Considerações sobre a eficiência de misturas de concreto de cimento Portland com base no conceito de empacotamento de partículas. **Revista Matéria**, São Paulo, v. 25, n, 1, 2020.

[22] MACHI, Isabela; DONA, Wallace; BERTEQUINI, Aline. Estudo da resistência à compressão do concreto reforçado com adição de sílica ativa. **ENPEX**, Toledo, 2018.

[23] NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

[24] PEDROSO, Bruna; TERTULINO, Bruno; PULIDO, Antonio. **Influência do fator água/cimento para resistência do concreto.** ***In:*** Congresso Cientifico Cultural do Estado do Paraná. **Campo Mourão, 2016.**

[25] SILVA, José *et al*. **Estudo da resistência obtida pelo concreto com a substituição parcial do cimento por concentrações de pó de pedra de rocha calcária**. 2020. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil – Universidade Potiguar, Rio Grande do Norte, 2020.

[26] SILVA, Jacinto; GASPERIN, Josué; FILHO, Luiz. Influência da utilização de procedimentos não padronizados de ensaio para a determinação experimental da resistência à compressão simples e do módulo estático de elasticidade do cimento Portland. **Revista Materia**, Porto Alegre, v.20, n.2, p. 466 – 479, 2015.

[27] VEZARO, Elizeu; BARBISAN, Ailson; JUNIOR, Francisco. Análises comparativas entre cimentos portland composto (cpii z 32) com acompanhamento por microscopia eletrônica de varredura – mev. **Revista Tenológica**, v. 7, n. 1, 2018.

Capítulo 9

Estudo do tempo de pega de cimentos comercializados em Manaus

Larissa Silva da Costa

Resumo: Cimento é uma palavra originada do latim caementu, ou seja, pedra proveniente de rochedos. É um dos materiais mais antigos e importantes da construção civil. Foi nomeado de Cimento Portland pelo químico e construtor chamado Joseph Aspdin em 1824. O cimento é basicamente composto por clínquer e adições, o clínquer é o principal componente e está presente em todos os tipos de Cimento Portland. Assim como as adições vão diferenciar um do outro, ela diferenciará também o tempo de pega de um para o outro. Há tipos de cimento que terão adições que podem retardar ou controlar o tempo de pega, como por exemplo, o cimento Portland com adição do gesso. O principal objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da composição de cimentos de diferentes marcas no tempo de pega, por meio de pesquisa experimental, analisando a composição com maior impacto no tempo de pega. Este estudo se baseou em uma estratégia quantitativa de pesquisa, de caráter exploratório, por meio de uma pesquisa realizada em campo e laboratório. Com isso, será abordado das seguintes formas: realizando levantamento dos tipos de cimentos comercializados na Zona Norte de Manaus e identificar as marcas mais utilizadas, determinando a consistência normal, por meio de ensaio com aparelho de Vicat e sonda de Tetmajer e determinar a relação necessária para chegar na consistência padrão, e por fim, avaliando o tempo de pega dos diferentes tipos de cimento, por meio de ensaio com aparelho de Vicat e analisar o efeito da composição no tempo de pega dos cimentos. Os fabricantes de cimentos podem utilizar composições diferentes no cimento como pozolanas, filers ou proporções minerais diferentes (C3S, C2S, C3A ou gesso) influenciando no tempo de pega.

Palavras-chave: Cimento. Cimento Portland. Tempo de pega.

1. INTRODUÇÃO

O cimento Portland é o material mais utilizado na construção civil. O cimento é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes e ligantes, que endurece com a adição de água. Depois de endurecido o cimento não se decompõe mais, mesmo se for adicionado água novamente.

O cimento quando adicionado a outros materiais da construção, como areia, brita, água, cal, resulta nos concretos e nas argamassas usadas para a construção civil. Suas características e sua qualidade irão depender dos seus compostos. Por isso, é importante conhecer cada cimento, suas propriedades e o tempo de pega para aproveitar da melhor forma.

A pega é quando a massa plástica, do cimento se solidifica. O início da pega se responsabiliza pela cristalização ou endurecimento, e o fim da pega ao pico da curva da liberação de calor. Ter esse conhecimento da liberação de calor do cimento, vai permitir que a escolha do cimento seja feita de forma correta de acordo com a temperatura e o ambiente em que será utilizado.

Hoje no Brasil, o Cimento Portland não tem um valor fixo de tempo de pega, o que se tem é uma faixa admissível de valores para cada velocidade de pega. Como por exemplo: Cimentos de pega rápida: menor do que 8 minutos; Cimentos de pega semi lenta: de 8 a 30 minutos; Cimentos de pega lenta (normal): de 30 minutos a 6 horas; Cimentos de pega muito lenta: acima de 6 horas. Já para cimentos nacionais, pode-se considerar a seguinte classificação: Cimentos de pega rápida: início antes de 30 minutos; Cimentos de pega semirrápida: início entre 30 a 60 minutos; Cimentos de pega normal: início de pega num tempo superior a 1 hora. Esse trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da composição de cimentos de diferentes marcas no tempo de pega, por meio de pesquisa experimental, analisando a composição com maior impacto no tempo de pega.

O desenvolvimento dessa pesquisa tem como relevância para os acadêmicos de Engenharia Civil e demais que interessar, mostrar a evolução do Cimento Portland desde o Egito Antigo até os dias de hoje e como cada tipo de cimento pode reagir de forma e tempo diferente para determinar sua pega e fim de pega, através de estudos e ensaios adequados, possibilitando assim que cada cimento possa ser utilizado da forma correta em cada ambiente e tipo de concretagem. Podendo também servir como base para novas pesquisas e assim realizando novas descobertas.

O desenvolvimento da pesquisa será estruturado e apresentado em três tópicos: o primeiro será sobre o Cimento Portland, como material de construção, o segundo sobre as propriedades do cimento e o terceiro sobre o tempo de pega do cimento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

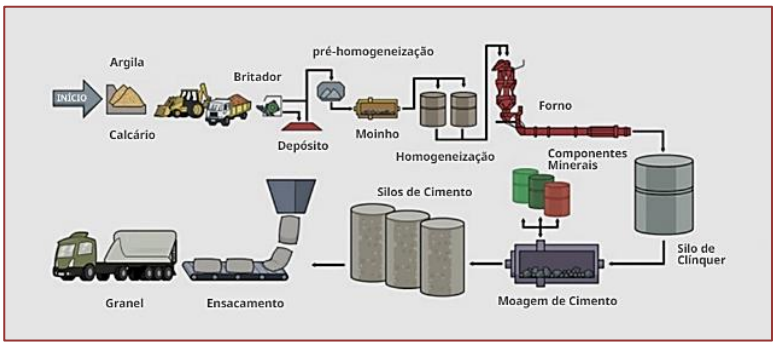
2.1. CIMENTO PORTLAND COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

O cimento atua como um ligante reativo e hidráulico, pois quando a água é adicionada, inicia-se uma reação química que transforma o cimento em uma substância que cristaliza, endurece e oferece alta resistência mecânica à compressão ao longo do tempo. O principal componente do cimento é o clínquer, uma mistura de calcário, argila e minério de ferro. No entanto, existem outros compostos que podem fazer parte do cimento e conferir-lhe propriedades específicas (NEVES, 2022).

Para obter o clínquer, o calcário é removido do sedimento por um processo de britagem seguido de moagem. Em seguida, é misturado com argila em proporções específicas, também moídas. Por fim, a mistura entra em um forno rotativo aonde a temperatura chega a 1450°C, fazendo com que o clínquer queime na forma de pequenas esferas (ARCIERI, 2019).

Após a queima, o clínquer ainda quente é resfriado repentinamente e a moagem continua adicionando aditivos à moagem para transformar a mistura em um pó fino. Os aditivos mais usados comercialmente são gesso, escória de alto-forno, materiais carbonáticos e materiais pozolânicos (ARCIERI, 2019).

Figura 1. FLUXO DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO



FONTE: CIMENTO MAUA, 2019.

O cimento Portland é o mais utilizado em obras de construção civil, sendo também a primeira escolha dos profissionais. Isso porque além de ser um produto versátil, possui excelente resistência, durabilidade e processabilidade, podendo ser utilizado em diversas aplicações (NEVES, 2022).

O autor acima relata que Joseph Aspdin patenteou o cimento em 1824 e que o produto recebeu esse nome por causa de sua alta dureza, que foi comparada à rocha da ilha inglesa de Portland. Por isso é chamado de CP (Cimento Portland).

O cimento Portland é uma substância pulverulenta, ou seja, em estado de pó fino, composta por silicato de cálcio e aluminato de cálcio. Quando estes ingredientes são misturados com água, eles hidratam e endurecem a substância, proporcionando alta resistência mecânica. Não se decompõe mesmo quando exposto à água (NEVES, 2022).

Neves (2022) aborda que existem onze tipos de cimento Portland, embora todos sejam indicados para uso geral na construção civil, eles possuem diferenças entre si que podem fazer a diferença. Conheçam algumas diferenças a seguir:

a) Cimento Portland Comum (ou CPI): É o cimento mais básico do mercado e indicado para projetos que não exijam propriedades especiais do cimento. Possui apenas como aditivo o gesso, que atua como retardador e aumenta o tempo de aplicação. Alto custo e baixa resistência;

b) Adicionar cimento Portland comum (ou CP I-S): mesma composição do CP I, mas adicionar uma pequena quantidade de material pozolânico para garantir baixa permeabilidade ao material;

c) Cimento Portland com adição de escória de alto-forno (ou CP II-E): Este cimento tem uma composição intermediária entre os dois cimentos anteriores, pois possui adição de escória de alto-forno granulada e é recomendado para estruturas que requerem liberação moderadamente lenta a quente. Também possui menor calor de hidratação e libera menos calor quando em contato com a água;

d) Cimento Portland com adição de material pozolânico (ou CP II-Z): Contém adição de pozolana que torna o cimento menos permeável. Portanto, é adequado para projetos subterrâneos ou projetos que estão frequentemente em contato com a água;

e) Cimento Portland-Filler (ou CP II-F) com adição de material carbonático: Possui adição de material carbonático em sua composição, sendo mais durável e versátil. É adequado para aplicações gerais, como concreto simples, armado, pré-moldado ou projetos que exigem alta resistência do cimento. Seu uso é menos indicado para meios agressivos;

f) Cimento Portland de alto-forno (ou CP-III): alto teor de escória, até 70% em massa. Isso garante alta durabilidade, baixo calor de hidratação, alta resistência a inchamento e sulfatos. Adequado para projetos convencionais ou altamente corrosivos ao cimento, como barragens, fundações de máquinas, pistas de aeroportos e indústrias;

g) Cimento Portland Pozolânico (CP-IV): Contém materiais pozolânicos em sua composição que conferem ao material alta resistência à compressão e durabilidade. É recomendado para trabalhos com grandes variações de temperatura ou expostos à ação de água corrente, pois não é muito poroso;

h) Cimento Portland de alta resistência inicial (CP V): É um cimento base sem aditivos, mas é produzido por um processo de dosagem e fabricação de clínquer diferente, com mais calcário e argila. Portanto, possui uma alta resistência inicial, ou seja, torna-se duro e durável em um tempo muito menor que outros modelos. Recomendado para fabricação de concreto e peças pré-fabricadas;

i) Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS): Contém aditivos que tornam o cimento resistente a sulfatos. presentes em redes de esgoto, ambientes industriais e edificações em contato com a água do mar;

j) Cimento Portland de baixo calor de hidratação (BC): tem como propriedades retardar a liberação de calor, prevenir trincas, aumentar a durabilidade estrutural e resistir a altas temperaturas;

k) Cimento Portland Branco (CPB): Tem como principal característica a cor branca, obtida pela utilização de matérias-primas com baixo teor de manganês e ferro e utilização de caulim ao invés da argila. É usado principalmente como rejunte para peças cerâmicas.

2.2. PROPRIEDADES DO CIMENTO

As propriedades físicas do cimento portland são consideradas sob três aspectos distintos: propriedades do produto em sua condição natural, em pó, da mistura de cimento e água e proporções convenientes de pastas, e da mistura da pasta com agregado padronizado. Que são:

Densidade

A adesão absoluta do cimento putland é geralmente considerada como 3,15, embora possa variar ligeiramente para valores ligeiramente inferiores. Na pasta de cimento, a densidade é um valor variável que aumenta com o tempo à medida que o processo de hidratação avança (CHIRINDZA et al, 2022).

Os autores destacam que tal fenômeno; é uma natureza extremamente complexa é conhecida como retirada. Isso acontece em pasta, argamassa e concreto. Em 24 horas, a pasta pura pode atingir cerca de 7 mm por metro, a argamassa padrão pode atingir 4,5 mm por metro, o concreto pode atingir 2 mm por metro e a dosagem é de 350 kg/cimento/m3. Dada a especial importância do fenômeno da retração na tecnologia do concreto, ele será tratado em detalhes no estudo de suas propriedades do concreto endurecido.

Finura

A finura do cimento é uma noção relacionada com o tamanho dos grãos do produto. É usualmente definida de duas maneiras distintas: pelo tamanho máximo do grão, quando as especificações estabelecem uma proporção em peso de material retido na operação de penetração em malha de abertura definida pelo valor da superfície especifica (soma das superfícies dos grãos contidos em um grama de cimento) (CHIRINDZA et al, 2022).

Os autores acima ainda relatam que a finura, mais precisamente a superfície específica do produto, é o fator que governa a velocidade da reação de hidratação do mesmo e tem também sua influência comprovada em muitas qualidades de pasta, das argamassas e dos concretos. E no aumento da finura melhora a resistência, particularmente a resistência da primeira idade, diminui a exsudação e os tipos de segregação aumentam a impermeabilidade, a trabalhabilidade e a coesão dos concretos e diminui a expansão em autoclave.

Tempo de Pega

O fenômeno da pega do cimento compreende a evolução das propriedades mecânicas da pasta no início do processo de endurecimento, propriedades essencialmente físicas, consequentemente, entretanto a um processo químico de hidratação. É um fenômeno artificialmente definido como o momento em que a pasta adquire certa consistência que a torna imprópria a um trabalho. Tal conceituação se estende tanto a argamassa quanto aos concretos, nos quais a pasta de cimento está presente e com missão aglutinadora dos agregados (CHIRINDZA et al, 2022).

Pasta de cimento

A ocorrência da pega do cimento deve ser regulada tendo-se em vista os tipos de aplicação do material, devendo-se ordinariamente em período dos superiores a uma hora após o início da mistura. Neste prazo são desenvolvidas as operações de manuseio do material, mistura, transporte, lançamento e adensamento. Há casos, entretanto, em que o tempo de pega deve ser reduzido ou acrescentado. Quando se deseja uma pega rápida são empregados aditivos, conhecidas como Aceleradores de pega, que são: o cloreto de cálcio (Ca2Cl), e o silicato de sódio (Na2SiO3) (CHIRINDZA et al, 2022).

Chirindza et al (2022) aborda que quando se deseja uma pega longa são empregados aditivos denominados retardadores de pega que podem ser: Açucares ordinários, Celulose e etc. alguns cimentos raramente oferecem uma pega falsa,

denominada pega ordinária. NB: o tempo de pega é determinado com o ensaio do aparelho denominado VICAT.

Exsudação

É um fenômeno de separação espontânea da água misturada que ocorre naturalmente devido à ação conjunta da diferença de densidade entre o cimento e a água e o grau de permeabilidade remanescente na pasta. Durante a hidratação, as partículas de cimento inicialmente em suspensão coalescem gradativamente umas com as outras devido à floculação, formando assim um forte esqueleto responsável pela estabilidade estrutural geral. A hidratação nas idades posteriores continua a provocar o endurecimento responsável pela aquisição permanente das qualidades mecânicas, as propriedades do produto acabado. A pega e o endurecimento são dois aspectos de um mesmo processo de hidratação do cimento, vistos em momentos diferentes, pegando na primeira etapa do processo e endurecendo na segunda e última etapa do processo (CHIRINDZA et al, 2022).

Resistência

A resistência mecânica dos cimentos é determinada pela ruptura à compressão de corpos-de-prova realizados com argamassas. A forma do corpo-de-prova, suas dimensões, traço da argamassa, sua consistência e o tipo de areia empregada são definidos nas especificações correspondentes, e constituem características que variam de país para outro. No Brasil o corpo de prova é um cilindro de 10 cm de altura por 5 cm de Ø. 4.5. A EXSUDAÇÃO É um fenômeno de segregação que ocorre nas pastas de cimento. Os grãos de cimento, sendo mais pesados que a água que os envolve, são forçados por gravidade a uma sedimentação (CHIRINDZA et al, 2022).

2.3. TEMPO DE PEGA DO CIMENTO

Os tempos de pega são comuns em manuais de concreto e esses tempos devem ser determinados em quase todos os testes de cimento. Norma Brasileira NBR NM 65:2003 - Cimento Portland - Determinação do Tempo de Pega Utilizando Pastas de Consistência Padrão (NM 43:2002) e Aparelho Vicat. Também define o conceito de tempo de pega inicial no item 3.1: "É medido em condições de teste padronizado desde o momento em que a água é adicionada ao cimento até que a agulha Vicat correspondente penetre na pasta até que a distância seja (4 ± 1 do fundo placa) mm". Quanto ao fim do setup, o item 3.2 define quando isso ocorre quando a agulha estabiliza em 0,5 mm na pasta. (Santos, 2010).

Na prática, os tempos de pega referem-se às etapas do processo de endurecimento, solidificação ou enrijecimento do cimento e, em consequência, do concreto. Também são utilizados os termos perda de plasticidade, perda de trabalhabilidade ou ainda cristalização para o entendimento destes tempos. Não conseguimos ainda encontrar um significado para a palavra “pega”. Apenas a associação do sentido de ‘pegar’ com endurecer ou solidificar. (SANTOS, 2010).

No processo de hidratação os grãos de cimentos que inicialmente se encontram em suspensão vão-se aglutinando paulatinamente uns aos outros, por efeito de floculação, conduzindo à construção de um esqueleto sólido, finalmente responsável pela estabilidade da estrutura geral. A pega e o endurecimento são dois aspectos do mesmo

processo de hidratação do cimento, visto em períodos diferentes, a pega na primeira fase do processo e o endurecimento na segunda e última fase (CHIRINDZA et al, 2022).

A partir de certo ponto após a mistura, quando o processo de presa atinge um determinado estágio, a pasta não é mais viável, ou seja, não é mais permitida a operação de mistura. Este tempo constitui o período de tempo durante o qual a argamassa e o concreto podem ser operados, devendo após esta operação permanecer parados para endurecer. (CHIRINDZA et al. 2022).

A configuração do cimento é feita determinando dois tempos diferentes, tempo inicial - tempo final. Os ensaios foram realizados com uma pasta de estrutura normal, conforme descrito a seguir, tipicamente utilizando o aparelho VICAT (Medição da resistência à penetração da agulha na pasta de cimento (CHIRINDZA et al., 2022).

Portanto, o momento em que a cristalização ou endurecimento começa é chamado de tempo de início da solidificação. Especificamente, esse tempo determina o tempo útil em que temos para completar o processo de aplicação, ou seja, desde a mistura do material - o contato da água com o cimento - até sua consolidação e acabamento final (SANTOS, 2010).

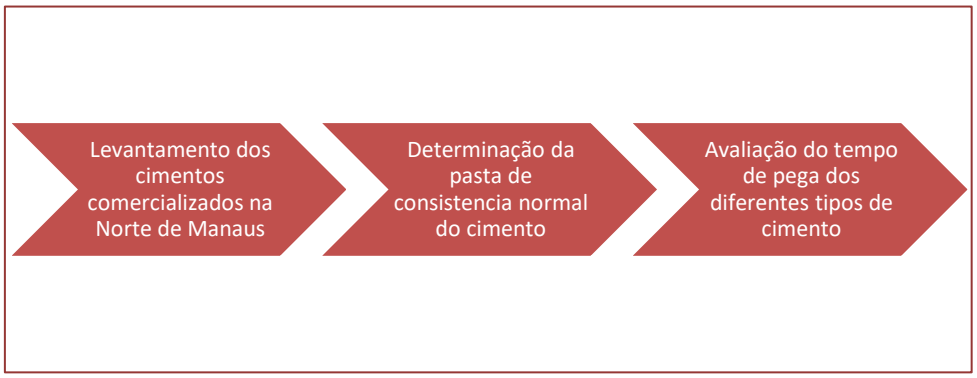
O autor ainda aborda que o último momento de endurecimento do concreto ou o início do aumento da própria resistência mecânica. Provavelmente por isso, a norma brasileira dita seu valor máximo, que é de 10 horas. Na prática, porém, não o utilizamos para medidas de pós-processamento, como cura, serragem para execução de juntas ou polimento de superfícies. Tampouco é utilizado para cálculo de doses, mesmo no processo de fabricação do cimento.

Atualmente, os tempos de pega contam com vários aditivos que aceleram ou retardam esses tempos sem afetar o desenvolvimento de outras propriedades do concreto, como a resistência. A alteração desses tempos pode ser útil, ou mesmo necessária, em determinadas situações de concretagem, como no transporte de concreto por longas distâncias ou em áreas de tráfego intenso (SANTOS, 2010).

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Foi realizado um levantamento dos cimentos comercializados em Manaus, especificamente na Zona Norte de Manaus a fim de analisar o tempo de pega dos cimentos da marca Poty e Mizu CP-II e CP-IV em laboratório, através dos equipamentos Vicat e Sonda Tetmajer.

Figura 1. Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2022)

3.1. LEVANTAMENTO DOS CIMENTOS COMERCIALIZADOS NA ZONA NORTE DE MANAUS

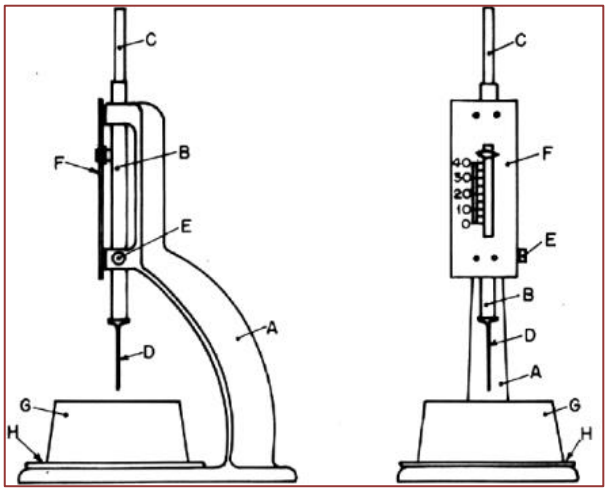
Foi realizado um levantamento na Zona Norte de Manaus, sendo assim, escolhido as melhores lojas no seguimento da Construção Civil na localidade e por meio de entrevistas e levantamento no local, foram identificadas as marcas Poty e Mizu, ambos comercializando os cimentos tipo: CP-II e CP-IV.

3.2. DETERMINAÇÃO DA PASTA DE CONSISTÊNCIA NORMAL DO CIMENTO

Pasta de consistência normal - É uma mistura de cimento e água, numa proporção que possibilite se obter um índice de consistência igual a 6 ± 1mm, determinado no ensaio de consistência normal pela sonda de Tetmajer.

De acorco com a norma brasileira ABNT NBR 16606, aparelho Vicat é composto por um suporte de haste móvel de metal inoxidável, sonda de tetmajer, agulha desmontável de Vicat, haste deslizante podendo ser fixada por um parafuso, um molde e placa de base, representado pela Figura 2 a seguir:

Figura 2 – Vista lateral com o aparelo de Vicat e Sonda Tetmajer, para determinaçao da consistencia normal da pasta de cimento e vista frontal do aparelo de Vicat, com aula de Vicat, para determinação do tempo de início de pega conforme ABNT NBR 16607.



Legenda:
A – Suporte
B – Haste Móvel
C – Sonda de Tetmajer
D – Aggulha de Vicat
E – Parafuso
F – Escala Graduada
G – Molde
H – Placa de Base

Fonte: Norma Brasileira ABNT NBR 16606:2018

Para iniciar o ensaio deve – se zerar a sonda em relação à placa de vidro da seguinte forma, colocando a sonda roscável no local indicado e zerando o aparelho liberando a sonda até a placa de vidro. Após tocar na placa deve regular o leitor no zero, rosqueando assim para a placa não "fugir", com o leitor no zero travado pode subir a sonda e fechar para evitar sua queda. A partir disso, é só da continuidade no ensaio através da mistura do cimento escolhido para teste, à massa deve ser de 500,0 +- 0,5 g e a massa da água devem ser determinadas através de tentativas e ser medida com exatidão de 0,5 g.

Com isso, colocar a água e o cimento na cuba e aguardar por 30s em repouso, após isso fazer a mistura com o misturador mecânico por 30s em velocidade baixa. Depois de misturado desligar por 60s, realizar a raspagem das paredes internas da cuba a fim de misturar com o restante da massa e dar continuidade misturando tudo por 60s em velocidade alta. Para determinar sua consistência deve-se colocar o molde na base maior apoiada sobre a placa-base, utilizar a espátula e encher com a pasta preparada, de forma suave tirar o excesso e raspar com uma régua metálica para ficar nivelado. Após isso colocar o molde em cima da placa de vidro centralizado abaixo da sonda, descer a sonda até realizar contato com a pasta, após isso soltar a sonda por 30s e fazer a leitura da sonda para verificar se ela repousou a 6 +- 1 mm da placa.

Caso a pasta alcance a leitura estabelecida, ela é considerada tendo como consistência normal, senão devem ser preparadas diversas pastas de ensaio, variando a quantidade de água e uma nova porção de cimento a cada tentativa.

3.3. AVALIAÇÃO DO TEMPO DE INÍCIO E FIM DE PEGA DOS DIFERENTES TIPOS DE CIMENTOS

Como foi descrito no item 3.2 sobre o aparelho de Vicat, sob a norma brasileira ABNT NBR 16606, no item 3.3 será usado novamente, porém com outro objetivo. Apesar de ser usado o mesmo aparelho, vale ressaltar a diferença que nesse procedimento será utilizado outro tipo de agulha para determinar o tempo de pega, a agulha de Vicat,ela atuará com uma pressão mais intensa sobre a pasta. Essa agulha tem o formato cilíndrico, seção circular de 1 mm^2 e é aplicada sobre a pasta de consistência normal. Os equipamentos são os mesmos do método para a determinação daconsistência normal, exceto que é utilizada a agulha de Vicat ao invés da sonda de Tetmajer.

Para o amassamento da pasta, o procedimento é idêntico ao indicado no item 3.2 para as determinações com a agulha de Vicat. Para determinar o início de pega, primeiramente deve verifica-se se a agulha de Vicat, esta corretamente instalada no aparelho para a realização do ensaio, preparar uma pasta com o teor de agua já determinado de acordo com o ensaio de consistência normal. O posicionamento inicial e o zeramento da escala são iguais ao procedimento citado no item 3.2 com a sonda de Tetmajer.

Após 30 min que o molde foi preenchido, colocá-lo com placa base no aparelho de Vicat na direção da agulha e descer de forma suave com velocidade constante e lenta, ao contrário do que é feito no ensaio de consistência normal. Fazer a leitura na escala 30s após o instante que agulha foi solta e anotar a leitura na escala e o tempo contando a partir do momento em que a água e o cimento entram em contato. Deve-se repetir o ensaio de penetração no mesmo corpo de prova em posições separadas no mínimo 10mm da borda do molde e entre elas, de penetração. Limpar a agulha imediatamente a cada penetração.

Anotar os resultados de todas as penetrações e determinar o tempo em que a distancia entre a agulha e placa base é de 6 +- 2 mm. Define-se tempo de pega quando a agulha estacionar a 1 mm do fundo do molde. De um intervalo para ooutro, até a pega acontecer, vai depender de cada cimento. O início de pega se da entre o intervalo de tempo entre a hora que a agulha estaciona a 1 mm do fundo molde e a adição da água. O fim da pega se da quando entre o intervalo de tempo desde a adição da água até o momento em que a agulha de Vicat penetra 0,5mm dapasta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível observar através dos testes realizados em laboratório e orientações das normas NBR NM 43 e NBR NM 65 a determinação da consistência normal da pasta e seu tempo de pega.

Além disso, é notório a importância do passo a passo da norma pois é comum haver um ou mais erros no seu processo. Com isso podemos destacar que o valor encontrado do fator água/cimento encontrado no ensaio realizado ficou próximo dos valores padrões.

Apesar de terem sido realizados apenas um ensaio e já ter dado certo, deve-se ter em mente que uma variação mínima da água pode causar uma grande variação na hora de encontrar o índice de consistência da massa, prejudicando também seu tempo de pega.

4.1. LEVANTAMENTO DOS CIMENTOS COMERCIALIZADOS EM MANAUS

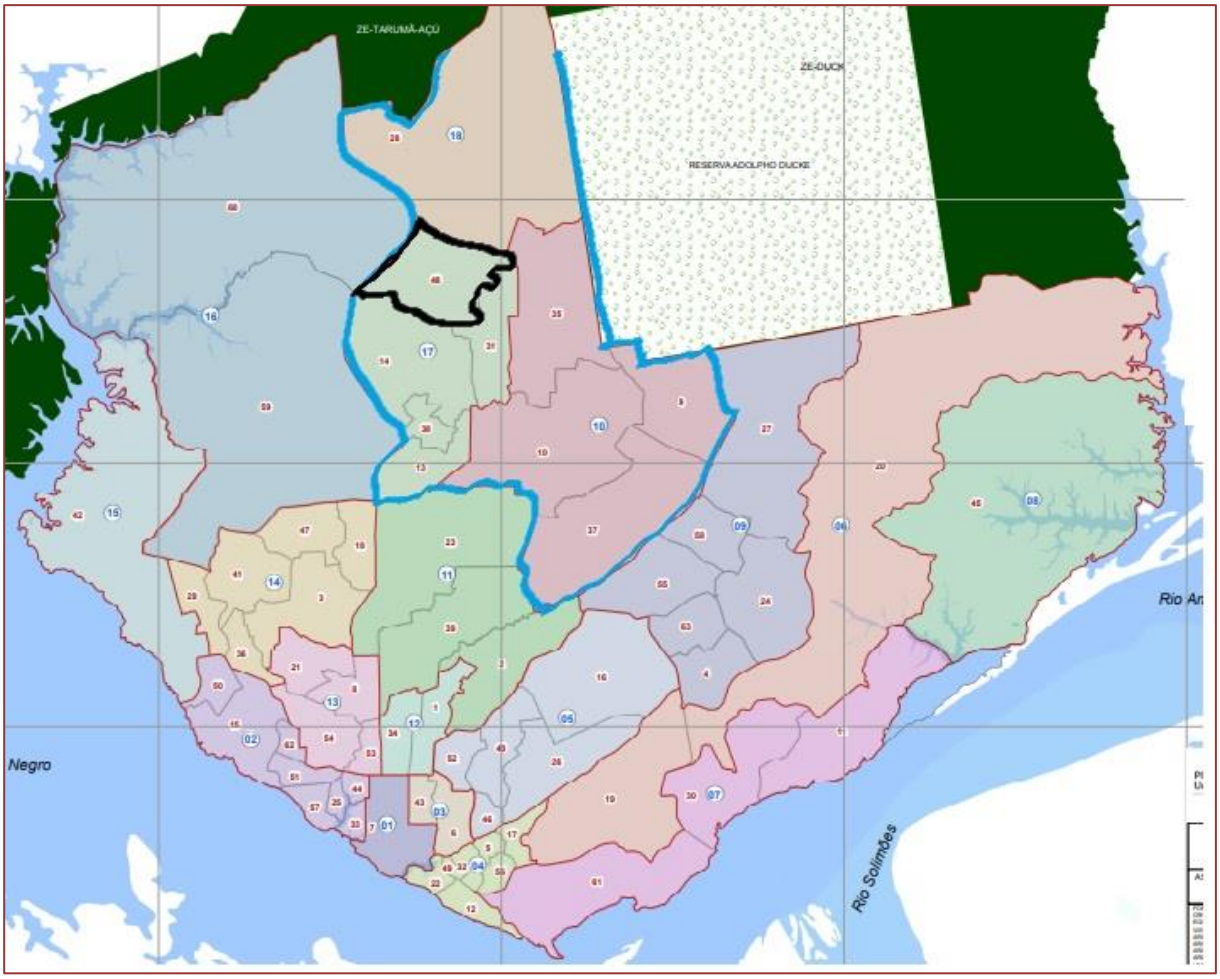
A cidade de Manaus, capital do Amazonas, fica situada na Região Norte do Brasil com extensão territorial de 11.401 km^2. Sua localização geográfica é 3° 6′ 0″ S, 60° 1′ 0″ W (Google Maps, 2022). As zonas urbanas são 6: Zona Oeste, Zona Norte, Zona Centro-oeste, Zona Centro-Sul, Zona Leste e Zona Sul. Na Figura 2 estão indicadas as zonas da cidade de Manaus.

Figura 2. Mapa das Zonas de Expansão Urbana e Zonas Urbanas de Manaus

Fonte: Adaptada de IMPLUR (2021)

Na Figura 2 estão demarcadas áreas escolhidas para o estudo, neste artigo o levantamento das marcas de cimento mais comercializadas foi realizado na Zona Norte. Na Figura 3 está indicado o bairro escolhido para a pesquisa nas lojas.

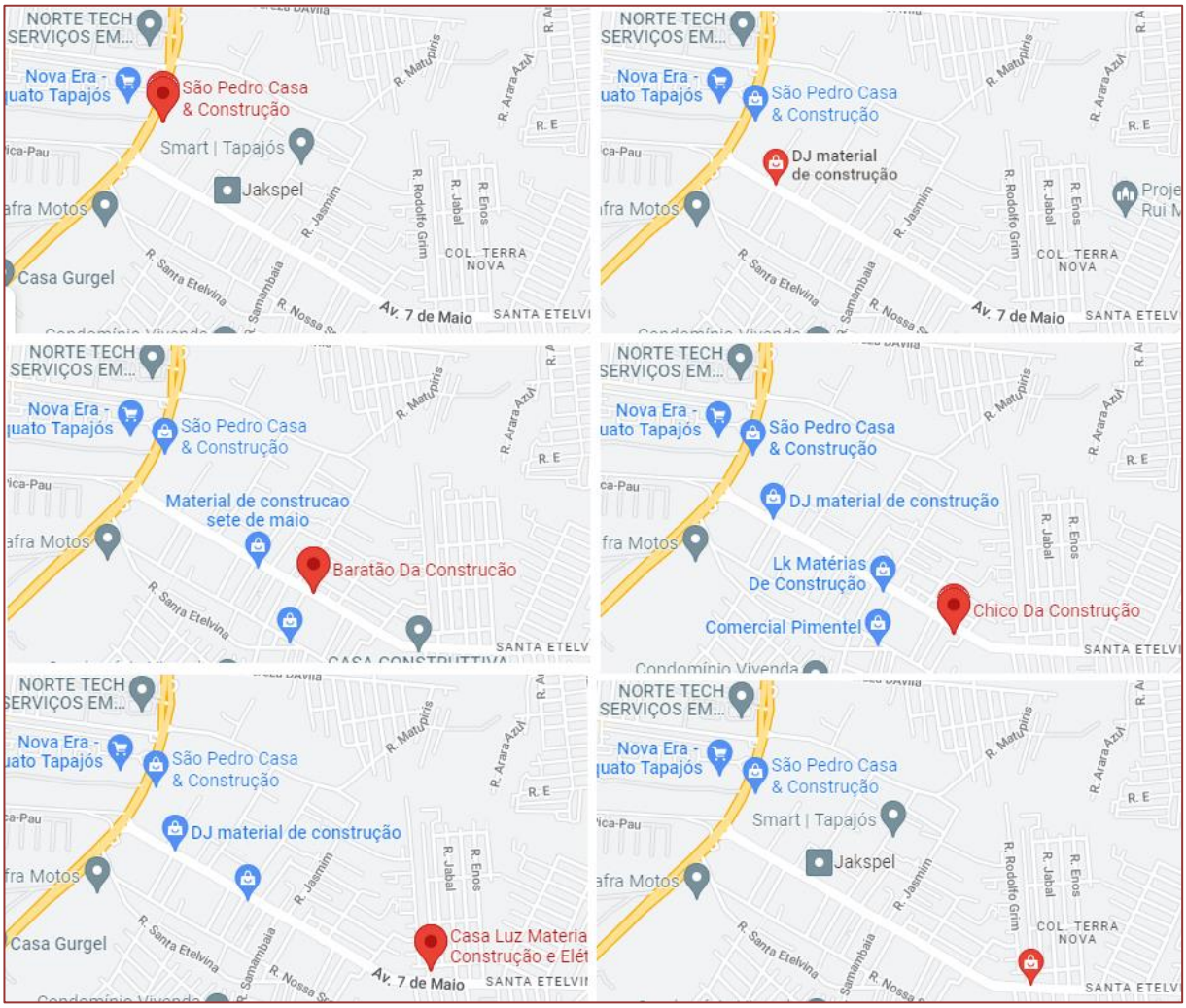
Figura 3. Indicação dos bairros das lojas escolhidas para o estudo



Fonte: Adaptada de IMPLUR (2021)

Os limites indicados com a cor preta correspondem ao Bairro Santa Etelvina (número 48 no mapa da Figura 3). Na Figura 4 estão indicas a lojas que forneceram as informações sobre suas vendas de cimento.

Figura 4. Localização das lojas escolhidas para o estudo (indicador vermelho)



Fonte: Adaptada de IMPLUR (2021)

Não foi possível localizar uma das sete lojas, por não ter localização informada no Google Maps. De acordo com a levantamento realizado nos estabelecimentos comerciais escolhidos, os cimentos mais vendidos constam na Tabela 1.

Tabela 1. Preços dos cimentos mais comercializados na Zona Centro-Oeste (valores de referência 2022)

Cimentos	Preço (R$)						
	Loja 1	Loja 2	Loja 3	Loja 4	Loja 5	Loja 6	Loja 7
Poty CP II- F 32	46,00	46,00	46,00		45,00		48,75
Mizu CP IV		46,00	49,00	45,00		46,00	
Elizabeth CP II F 32							47,65

Fonte: Autoria própria (2021)

Os estabelecimentos não forneceram as quantidades vendidas, mas foi possível constatar os cimentos mais vendidos na Zona Norte é o Poty CP II F 32.

O cimento Poty, da fabricante Votorantin, é uma linha de produtos cimentícios, e são produzidos os cimentos tipo CP I 40, CP II E 32, CP II E 32 RS, CP II F 32, CP II Z 32, CP II Z 32 RS, CP II 32 RS e CP IV 32 RS. Conforme o fabricante a linha de produtos Poty foi desenvolvida para ter secagem rápida, alta resistência e melhor trabalhabilidade. O Cimento Poty é transportado para Manaus por navio e embalado ao desembaraçar na cidade.

Para ter um parâmetro de comparação foi escolhido o cimento Elizabeth CP II F 32 da empresa CSN cimentos. A Cimento Elizabeth já tinha reconhecimento no mercado nacional desde 2015, mas em 2021 a Elizabeth Cimentos S.A. e da Elizabeth Mineração Ltda passou a ser controlada pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN).

São produzidos atualmente dois tipos de cimentos Portland: o CP II F 32, o CP II F 40 e CPV ARI GRANEL.

O Cimento tipo CPII F é o cimento Portland composto com material carbonático, conforme a NBR 16.697 (ABNT, 2019), caracterizado por ter limite de material carbonático de 11 a 25%. Esse cimento tem uma reatividade maior que o CP IV por ter um teor maior de clínquer (75 a 89%). O tempo de início de pega conforme a NBR 16.697 (ABNT, 2019) deve ser superior a 60 min. A resistência mínima aos três dias de 15 MPa.

4.2. CONSISTÊNCIA NORMAL

A consistência normal dos cimentos avaliados neste estudo foi determinada pela ABNT NBR 16606 – 2018 Cimento Portland – Determinação da Pasta de Consistência Normal. A porcentagem de água necessária obtida para os cimentos CPII F das marcas Poty e Elizabeth constam na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros obtidos a partir das curvas de distribuição granulométrica dos agregados

Pastas	Água (%)	a/c
Pasta com CPII F 32 Poty	34,544%	0,34544
Pasta com CPII F 32 Elizabeth	34%	0,34

Fonte: Autoria própria (2022)

De acordo com a engenharia civil, o termo “pega” significa quando o concreto começa a perder sua plasticidade, tornando assim mais difícil sua aplicação.

A pasta do cimento é uma mistura de água mais cimento. Apesar de ser o elemento mais necessário nesse processo, ela pode se tornar um problema se utilizada na quantidade incorreta.

Com isso, deve-se ser analisado a qualidade e quantidade da água quando for realizar os testes de consistência normal. A consistência ela está relacionada ao teor de umidade, ou seja, o ensaio da consistência normal da massa é realizado com o objetivo de encontrar a quantidade de água ideal que deve ser colocada em determinada quantidade de cimento, também chamada fator água/cimento.

Com o aparelho de Vicat e a Sonda de Tetmajer, podemos determinar a pasta de consistência normal do cimento, e a partir dela verificar o tempo de inicio e fim de pega.

4.3. TEMPO DE PEGA

O tempo de início e fim de paga dos cimentos avaliados neste estudo foi determinada pela norma brasileira ABNT NBR NM 65 – Determinação do Tempo de Pega. Os tempos de início e fim de pega determinados para os cimentos CPII F das marcas Poty e Elizabeth constam na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros obtidos a partir das curvas de distribuição granulométrica dos agregados

Pastas	Tempo de início de pega (min)	Tempo de fim de pega (min)
Pasta com CPII F 32 Poty	3h 7min	8h 5min
Pasta com CPII F 32 Elizabeth	3h 10min	

Fonte: Autoria própria (2022)

Os resultados obtidos para o tempo de pega dos cimentos analisados evidenciam pequenas variações entre as marcas estudadas, mesmo tratando-se de cimentos do mesmo tipo (CP II-F), o que pode ser diretamente associado às diferenças em suas composições e propriedades físicas. Observa-se que o cimento Poty apresentou início de pega em aproximadamente 3h07min e fim de pega em 8h05min, enquanto o cimento Elizabeth apresentou início de pega muito próximo (3h10min), indicando comportamento semelhante na fase inicial de hidratação.

Essas diferenças, ainda que discretas, podem ser explicadas principalmente pela variação no teor de clínquer e materiais de adição, como fíler calcário, bem como pela presença de compostos como C_3S, C_2S e C_3A, que influenciam diretamente a velocidade das reações de hidratação. Além disso, o teor de gesso atua como regulador do tempo de pega, retardando o endurecimento inicial e proporcionando maior tempo de trabalhabilidade.

Outro fator relevante é a finura do cimento, que influencia a superfície específica disponível para reação com a água. Cimentos mais finos tendem a apresentar hidratação mais rápida, reduzindo o tempo de pega. Adicionalmente, a relação água/cimento (a/c), ainda que próxima entre as amostras, pode gerar variações no comportamento reológico da pasta, impactando diretamente o tempo de início e fim de pega.

Por fim, aspectos operacionais do ensaio, como precisão na medição da água, controle do tempo de mistura e condições ambientais, também podem ter contribuído para pequenas variações observadas. Dessa forma, conclui-se que o tempo de pega é um parâmetro altamente sensível a múltiplos fatores, sendo essencial o controle rigoroso das variáveis experimentais e a compreensão da composição do cimento para sua adequada aplicação em campo.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, foi possível verificar que o tempo de pega dos cimentos analisados apresenta variações mesmo entre materiais de mesma

classificação (CP II-F), evidenciando a influência direta da composição química e das propriedades físicas de cada produto. Os ensaios realizados permitiram determinar, de forma satisfatória, a consistência normal das pastas e os tempos de início e fim de pega, conforme os procedimentos estabelecidos pelas normas técnicas vigentes.

Observou-se que os tempos de início de pega dos cimentos das marcas Poty e Elizabeth foram bastante próximos, indicando comportamento semelhante na fase inicial de hidratação. No entanto, diferenças na composição, como teor de clínquer, presença de materiais carbonáticos (fíler), quantidade de gesso e características mineralógicas, influenciam diretamente a cinética de hidratação e, consequentemente, o tempo de pega.

Além disso, fatores como a finura do cimento e a relação água/cimento mostraram-se determinantes no comportamento da pasta, reforçando a importância do controle rigoroso dessas variáveis durante os ensaios. Pequenas variações na quantidade de água, por exemplo, podem impactar significativamente a consistência e o tempo de pega, afetando a trabalhabilidade e o desempenho do material em aplicações práticas.

Dessa forma, conclui-se que o conhecimento das propriedades específicas de cada tipo e marca de cimento é essencial para a correta aplicação na construção civil, especialmente em situações que exigem controle do tempo de pega, como transporte, lançamento e adensamento do concreto. O estudo contribui, portanto, para a compreensão do comportamento dos cimentos disponíveis no mercado local, podendo servir como base para futuras pesquisas e para a tomada de decisão técnica em obras.

REFERÊNCIAS

[1] ARCIERI, Matheus. **Cimento Portland: produção e características**. Canteiro de Engenharia, 2019.

[2] CHIRINDZA, Patrício; KAOMA, Geralda; MUIANGA, Rogerio**. Construção Civil aplicada ao Cimento Portland.** Patrício Salomão Comunidades Net, 2022. Site disponível em: http://www.patriciosalomao.comunidades.net/construcao-civil-aplicada-cimento-portland

[3] https://implurb.manaus.am.gov.br/mapas-tematicos/

[4] https://cimentoelizabeth.com.br/

[5] https://www.votorantimcimentos.com.br/

[6] https://abcp.org.br/a-nova-norma-de-especificacao-de-cimento-abnt-nbr-16697-saiba-o-que-mudou-e-o-que-nao-mudou/

[7] https://canteirodeengenharia.com.br/2019/08/07/cimento-portland/

[8] NEVES, Antonio. **Tipos de Cimento Portland CP: Não Erre Na Escolha**. BLOK, 2022.Site disponível em: https://www.blok.com.br/blog/tipos-de-cimento-portland-cp

[9] SANTOS, Altair. **Inicio e Fim de Pega. Qual a utilidade?** Vogg Branded Content. Massa Cinzenta – Cooperação na forma de informação, 2010. Site disponível em: https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/inicio-e-fim-de-pega-qual-a-utilidade/

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson

Produzir & Publicar